

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-227548

(43)Date of publication of application : 15.08.2000

---

(51)Int.Cl. G02B 15/16

G02B 13/18

---

(21)Application number : 11-029151 (71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 05.02.1999 (72)Inventor : NANJO YUSUKE

---

## (54) ZOOM LENS

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To sufficiently bring out potential ability of a four-group compositional zoom lens and to solve the manufacturing problem of each component caused by that zoom ratio is made high in magnification.

SOLUTION: In this zoom lens 1 of a multiple-group composition having plural lens groups, a first lens group GRI that is positioned to be the closest to an object side is composed of a cemented lens of a first concave meniscus L1 whose convex surface is directed to the object side and a second convex lens L2, and a third convex meniscus lens L3 whose convex surface is directed to the object side in this order from the object side. As the material of the second lens, the glass material whose degree of wear is  $\geq 300$  is used, and a thin resin layer is formed on at least one surface of the second lens.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.02.2006

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection  
or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups, the 1st lens group most located in a body side It is constituted by the 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side ], and body side. The zoom lens characterized by for whenever [ wear ] having used 300 or more \*\* material for the construction material of the 2nd lens, and forming the film of resin in the front face of the 1st [ at least ] page.

[Claim 2] In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups, the 1st lens group most located in a body side It is constituted by the 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side ], and body side. The zoom lens characterized by for whenever [ wear ] having used 300 or more \*\* material for the construction material of the 3rd lens, and forming the film of resin in the front face of the 1st [ at least ] page.

[Claim 3] Sequentially from a body side, it has forward refractive power and always has negative refractive power with the 1st lens group of immobilization. The 2nd lens group movable mainly for variable power, In the zoom lens which has forward refractive power, always has forward refractive power with the 3rd lens group of immobilization, and is constituted by the 4th lens group movable for amendment of the focal location by zooming, and focusing It is constituted. the 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens with which the above-mentioned 1st lens group turned the convex to the body side in order / side / body ], and body side -- The above-mentioned 2nd lens group is constituted by the 4th lens of the concave meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially

from the body side, and the cemented lens of the 5th lens of a biconcave lens, and the 6th lens of a convex lens. It is constituted. the above-mentioned 3rd lens group -- the order from a body side -- the cemented lens of the 7th lens of a convex lens, and the 8th lens of a concave lens -- the above-mentioned 4th lens group It is constituted. the cemented lens of the 9th lens of a concave meniscus lens and the 10th lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the 11th lens of a convex lens -- The aspheric surface constitutes at least one field of each lens which constitutes the 1st lens group. The zoom lens which considers as the aspheric surface configuration to which the field constituted by the above-mentioned aspheric surface becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter in the case of a convex, and is characterized by considering as the aspheric surface configuration which becomes deeper than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter in the case of a concave surface.

[Claim 4] The zoom lens according to claim 3 characterized by making the aspheric surface into the compound aspheric surface constituted by forming the film of resin on the surface of the spherical surface.

[Claim 5] The zoom lens according to claim 4 characterized by making it approach homogeneity, without distribution of the thickness of the layer of resin changing with a monotonous increment or monotonous reduction within an effective diameter by fitting the radius of curvature of the bulb side which forms the compound aspheric surface to an aspheric surface configuration.

[Claim 6] The zoom lens according to claim 3 characterized by making the Abbe number of the construction material of at least one lens or more into 80 among the 2nd lens and the 3rd lens which constitute the 1st lens group.

[Claim 7] The zoom lens according to claim 1 characterized by constituting the field by the side of the image according to the compound aspheric surface while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group or more into 80.

[Claim 8] The zoom lens according to claim 3 characterized by making the field by the side of the image into the compound aspheric surface constituted by forming the film of resin on the surface of the spherical surface while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group or more into 80.

[Claim 9] The zoom lens according to claim 4 characterized by making the field by the side of the image into the compound aspheric surface constituted by forming the film of resin on the surface of the spherical surface while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group or more into 80.

[Claim 10] The zoom lens according to claim 1 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 11] The zoom lens according to claim 2 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 12] The zoom lens according to claim 3 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 13] The zoom lens according to claim 6 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 14] The zoom lens according to claim 7 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 15] The zoom lens according to claim 8 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 16] The zoom lens according to claim 9 characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens while making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80.

[Claim 17] The zoom lens according to claim 3 characterized by for the aspheric surface having constituted the field by the side of the image of the 10th lens of the 4th lens group while the aspheric surface constituted the field by the side of the body of the 7th lens of the 3rd lens group, and making these fields into the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter.

[Claim 18] The zoom lens according to claim 3 characterized by the 3rd lens group and the 4th lens group satisfying the following conditions.

$-0.018 < 1/\nu_{III} < 0.018 - 0.005 < 1/\nu_{IV} < 0.005$  however the equivalence Abbe number of the  $\nu_{III}$ : 3rd lens group,  $\nu_{IV}$  : consider as the equivalence Abbe number of the 4th lens group.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Although this invention is mainly high scale-factor-ization of the zoom lens of a noncommercial video camera, i.e., the most general zoom method, it relates to a technique for the brightness in a wide angle edge to offer the zoom lens with which various aberration was amended [ in / it is bright and / the zoom whole region ] good with about F1.8 while a zoom ratio attains super-high scale-factor-ization which is about 50 times.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the zoom lens of the conventional noncommercial video camera was indicated by the patent official report No. 2746155, like, sequentially from a body side, the thing of 4 group configurations which has forward, negative, forward, and forward refractive-power arrangement is it being general, and devising the configuration of the 3rd lens group and the 4th lens group, or utilizing the aspheric surface, and has raised functions, such as a raise in a scale factor, and a miniaturization.

[0003] However, as for attaining a raise in a scale factor, and a miniaturization simultaneously, in the zoom lens, having undertaken to the miniaturization of an image sensor was large.

[0004] Namely, although a precision required since each above-mentioned component part had to be greatly made before at the time of a fabrication of each component part of a zoom lens was not able to be taken out While the design of the zoom lens of a high scale factor is attained, it becomes able [ the magnitude of each above-mentioned component part ] to make it small relatively and its precision improves also in ordinary magnitude conventionally by the miniaturization of an image sensor according to a small image sensor It is because the lens of the activity which was not realistic will also become practical.

[0005] This applicant offered the zoom lens of 5 group configurations which will realize an about 50 times as many zoom ratio as this by 3mm of screen diagonal line length in a patent application No. 236384 in Heisei 9 and which have forward, negative, forward, negative, and forward refractive-power arrangement sequentially from a body side.

[0006] The zoom lens of the 5 above-mentioned group configurations was convenient also for there being effectiveness that a front ball diameter can be made small comparatively [ with a large zoom ratio ], and equipping the body side with optical vibration control (hand deflection amendment) equipments, such as adjustable vertical-angle prism.

[0007] Moreover, there was the description also in it being one of the amendment means of spherical aberration or chromatic aberration that the f number in a tele edge can be made dark.

[0008] However, the zoom lens of the 5 above-mentioned group configurations has

the following troubles.

[0009] That is, since it had the lens system of 5 group configurations if the f number in a tele edge is made dark since it will be too dark and will become a practical failure and, the number of sheets of a configuration lens also increased inevitably, and there was a problem that cost was high, as a noncommercial zoom lens.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention makes it a technical problem to solve the problem on manufacture of each component part in accordance with high scale-factor-ization of a zoom ratio while fully pulling out the latency ability of the zoom lens of 4 group configurations in view of the above-mentioned trouble.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention zoom lens has the following configurations.

[0012] In the zoom lens of a multi-group configuration with which the 1st thing has two or more lens groups The 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group most located in a body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Whenever [ wear ] uses 300 or more \*\* material for the construction material of the 2nd lens, and the film of resin is formed in the front face of the 1st [ at least ] page.

[0013] Therefore, the 2nd lens which is a convex lens is cheaply manufactured by the large \*\* material of whenever [ wear ], and since required profile irregularity was acquired by amending the field which is not good as for the profile irregularity produced by using the large \*\* material of whenever [ wear ] by the film of resin, it becomes possible to reduce the manufacturing cost of a zoom lens.

[0014] Moreover, the 2nd thing of this invention zoom lens is set on the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups. The 3rd lens of the meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group most located in a body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Whenever [ wear ] uses 300 or more \*\* material for the construction material of the 3rd lens, and the film of resin is formed in the front face of the 1st [ at least ] page.

[0015] Therefore, since required profile irregularity was acquired by amending the field which is not good as for the profile irregularity produced by manufacturing cheaply the 3rd lens which is a meniscus lens which turned the convex by the large \*\* material of whenever [ wear ], and using the large \*\* material of whenever [ wear ] for a body side by the film of resin, it becomes possible to reduce the manufacturing cost of a zoom lens.

[0016] The 3rd thing of this invention zoom lens has forward refractive power

sequentially from a body side. Always Furthermore, the 1st lens group of immobilization, It has negative refractive power. The 2nd lens group movable mainly for variable power, In the zoom lens which has forward refractive power, always has forward refractive power with the 3rd lens group of immobilization, and is constituted by the 4th lens group movable for amendment of the focal location by zooming, and focusing The 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group in order / side / body ], and body side constitutes. The 4th lens of the concave meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the cemented lens of the 5th lens of a biconcave lens and the 6th lens of a convex lens constitute the 2nd lens group. The cemented lens of the 7th lens of a convex lens and the 8th lens of a concave lens constitutes the 3rd lens group sequentially from a body side. The cemented lens of the 9th lens of a concave meniscus lens and the 10th lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the 11th lens of a convex lens constitute the 4th lens group. The aspheric surface constitutes at least one field of each lens which constitutes the 1st lens group. In the case of a convex, the field constituted by this aspheric surface considers as the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter, and, in the case of a concave surface, considers as the aspheric surface configuration which becomes deeper than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter. [0017] Therefore, it becomes possible to offer the zoom lens which equipped the maximum with a raise in a super-scale factor, and practical magnitude taking advantage of the advantage of a small image sensor, and was equipped with high definition sufficient as what is used for a noncommercial video camera.

[0018]

[Embodiment of the Invention] First, the outline of this invention zoom lens is explained.

[0019] (1) In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups, the 1st lens group GRI most located in a body side The 3rd lens L3 of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens L1 of a concave meniscus lens and the 2nd lens L2 of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Whenever [ wear ] uses 300 or more \*\* material for the construction material of the 2nd lens L2, and it is characterized by forming the film of resin in the front face of the 1st [ at least ] page.

[0020] (2) In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups, the 1st lens group GRI most located in a body side The 3rd lens L3 of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens L1 of a concave meniscus lens and the 2nd lens L2 of a convex lens which

turned the convex to the body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Whenever [ wear ] uses 300 or more \*\* material for the construction material of the 3rd lens L3, and it is characterized by forming the film of resin in the front face of the 1st [ at least ] page.

[0021] The above (1) and the configuration of (2) are most related with the means which makes cheap the manufacturing cost of the \*\* material used for the convex lens of the 1st lens group GRI which has a forward refractive index as a whole by the body side; when a zoom ratio tends to design the super-high scale-factor zoom lens which is about 50 times small.

[0022] That is, in order to amend effectively the secondary spectrum by the side of looking far, at least one convex lens cannot but use super-low distribution glass or the powerful low distribution glass of abnormality partial-dispersion nature by the lens group of the three-sheet configuration of concave, a convex, and a convex, but as for the glass with these anomalous-scattering nature, whenever [ wear ] is as large as 300 or more, and in order to acquire good profile irregularity, the skilled technician needs to finish it carefully. Moreover, there is difficulty of processing -- since the front face is soft, a blemish tends to be attached, for example, a blemish tends to be attached by the bell chuck in a cardiac picking process. In addition, whenever [ wear ] is based on the measuring method based on Japanese optical-glass Semiconductor Equipment & Materials International specification (JOGIS).

[0023] On the other hand, the lens of a noncommercial video camera has the circumstances which have contributed to making the manufacturing cost of a lens cheap and reducing the cost of the whole video camera by manufacturing cheaply by the operator who has neither a high-speed grinder nor a skillful technique.

[0024] However, when the large \*\* material of whenever [ above-mentioned wear ] is processed by the above approaches, required profile irregularity will not be acquired but the so-called badness of NUKE by degradation of the image formation engine performance and \*\*\*\* by the side of looking far will be brought about.

[0025] Therefore, this invention manufactures a lens cheaply by the operator who has neither a high-speed grinder nor a skillful technique using the large (300 or more) \*\* material of whenever [ wear ], the film of resin is formed in the front face of the spherical surface which is not good as for profile irregularity, the surface precision of this resin layer is secured by imprinting the field of a mold with a sufficient precision, and the same effectiveness as the time of grinding a glass lens with a sufficient precision is acquired.

[0026] Sequentially from a body side, it has forward refractive power. Always (3) The 1st lens group GRI of immobilization, It has negative refractive power. The 2nd lens group GRII movable mainly for variable power In the zoom lens which has forward refractive power, always has the 3rd lens group GRIII and the forward refractive power of immobilization, and is constituted by the 4th lens group GRIV movable for amendment of the focal location by zooming, and focusing The convex meniscus lens

which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens L1 of a concave meniscus lens and the 2nd lens L2 of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group GRI in order / side / body ], and body side is caused 3rd lens L3, and it constitutes. The 4th lens L4 of the concave meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and a cemented lens with 6th lens L6 of the 5th lens L5 and convex lens of a biconcave lens constitute the 2nd lens group GRII. It constitutes. the 3rd lens group GRIII — the order from a body side — the cemented lens of the 7th lens L7 of a convex lens, and the 8th lens L8 of a concave lens — The cemented lens of the 9th lens L9 of a concave meniscus lens and the 10th lens L10 of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the 11th lens L11 of a convex lens constitute the 4th lens group GRIV. The aspheric surface constitutes at least one field of each lens which constitutes the 1st lens group GRI. In the case of a convex, the field constituted by this aspheric surface considers as the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter, and, in the case of a concave surface, is characterized by considering as the aspheric surface configuration which becomes deeper than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter.

[0027] (4) It is characterized by making the aspheric surface of the above-mentioned 1st lens group GRI into the compound aspheric surface in which the film of resin was formed on the surface of the spherical surface.

[0028] (5) Distribution of the thickness of the layer of resin is characterized by making it approach homogeneity, without changing with a monotonous increment or monotonous reduction within an effective diameter by fitting the radius of curvature of the bulb side which forms the compound aspheric surface of the 1st lens group GRI to an aspheric surface configuration.

[0029] (6) It is characterized by making the Abbe number of the construction material of at least one lens or more into 80 among the 2nd lens L2 and the 3rd lens L3 which constitute the 1st lens group GRI.

[0030] (7) While making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens L2 of the 1st lens group GRI or more into 80, it is characterized by constituting the field by the side of the image according to the compound aspheric surface.

[0031] (8) While making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens L2 of the 1st lens group GRI, and the 3rd lens L2 or more into 80, it is characterized by forming the film of resin in at least one field of the 3rd lens L3.

[0032] (9) While the aspheric surface constitutes the field by the side of the body of the 7th lens L7 of the 3rd lens group GRIII, the aspheric surface constitutes the field by the side of the image of the 10th lens L10 of the 4th lens group GRIV, and it is characterized by making these fields into the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter.

[0033] (10) The 3rd lens group and the 4th lens group are characterized by satisfying the following conditions.

-  $0.018 < 1/\nu_{III} < 0.018$  (conditional expression 1)

-  $0.005 < 1/\nu_{IV} < 0.005$  (conditional expression 2)

However, the equivalence Abbe number of the  $\nu_{III}$ :lens [ 3rd ] group GR<sub>III</sub>,  $\nu_{IV}$ :

Consider as the equivalence Abbe number of the 4th lens group GR<sub>IV</sub>.

[0034] With in addition, equivalence Abbe number  $\nu_{III}$  of the 3rd lens group GR<sub>III</sub>

When setting the focal distance and the Abbe number of  $f_{III}$ , the 7th lens L<sub>8</sub>, and the 8th lens L<sub>9</sub> to  $f_7$ ,  $f_8$ ,  $\nu_7$ , and  $\nu_8$  for the expedient synthetic focal distance which calculated the 3rd lens group GR<sub>III</sub> as a light-gage adhesion system, respectively, It is the value which is acquired from  $1/f_{III} = 1/f_7 + 1/f_8$  and  $1/f_{III} - \nu_{III} = 1/f_7$  and  $\nu_7 + 1/f_8$ , and  $\nu_8$  and which was transposed to the single lens of thin meat for convenience.

Similarly with equivalence Abbe number  $\nu_{IV}$  of the 4th lens group GR<sub>IV</sub> The expedient synthetic focal distance which calculated the 4th lens group GR<sub>III</sub> as a light-gage adhesion system  $f_{IV}$ , When setting the focal distance and the Abbe number of the 9th lens L<sub>9</sub>, the 10th lens L<sub>10</sub>, and the 11th lens L<sub>11</sub> to  $f_9$ ,  $f_{10}$ ,  $f_{11}$ ,  $\nu_9$ ,  $\nu_{10}$ , and  $f_{11}$ , respectively, It is the value which is acquired from  $1/f_{IV} = 1/f_9 + 1/f_{10} + 1/f_{11}$  and  $1/f_{IV} - \nu_{IV} = 1/f_9$  and  $\nu_9 + 1/f_{10}$  and  $\nu_{10} + 1/f_{11}$ , and  $\nu_{11}$  and which was transposed to the single lens of thin meat for convenience.

[0035] The above (3) thru/or the configuration of (10) show the configuration of each lens group concretely so that high scale-factor-ization of a zoom ratio may be suited in the latency ability of the zoom lens of 4 group configurations.

[0036] Although the 1st lens group GR<sub>I</sub> and the 2nd lens group GR<sub>II</sub> have the configuration used from the former as a lens type, the glass which has anomalous-scattering nature was used for the convex lens of the 1st lens group GR<sub>I</sub>. [ many ]

[0037] Moreover, it is necessary to make at least one field into the aspheric surface among the lenses which constitute the 1st lens group GR<sub>I</sub> mainly in order to amend the spherical aberration by the side of looking far. This is because it is not avoided that a proper-factor remains in the undershirt side of spherical aberration, when the field of each lens which constitutes the 1st lens group GR<sub>I</sub> is constituted only from the spherical surface.

[0038] The 2nd lens group GR<sub>II</sub> has given the proper-factor to the excess side so that the spherical aberration generated from the 1st lens group GR<sub>I</sub> may be amended.

[0039] In addition, there is a property in which it is decided that the effect the spherical aberration generated from the lens group affects the amount of spherical aberration of the lens whole system by the relation between a proper-factor and the beam-of-light high by which the beam of light which carried out incidence to the optical axis at parallel passes along the principal plane of the lens group will be each lens group.

[0040] Moreover, since the bundle of rays decided by the f number in a wide angle edge is thin, the effect of the lens whole system on the spherical aberration

generated from the 1st lens group GRI and the 2nd lens group GRII is small. Although the beam-of-light high which carries out incidence to the 1st lens group GRI becomes high and the yield of the spherical aberration by the side of an undershirt increases as sault MINGU is carried out and it goes to a looking-far side Since the beam-of-light high in the 2nd lens group GRII increases in proportion to this, the yield of the spherical aberration by the side of excess also increases, the denial-related balance of the spherical aberration of the 1st lens group GRI and the 2nd lens group GRII is maintained, and an amendment situation good as the lens whole system comes to be maintained.

[0041] However, if zooming is further carried out to a looking-far side and an incident-ray bundle becomes [ the f number ] extremely dark in response to a limit with the diameter of opening of the 1st lens group GRI In spite of being the conditions from which the beam-of-light high which carries out incidence to the 2nd lens group GRII starts to decrease, and the residual spherical aberration of the 1st lens group GRI serves as max The spherical aberration by the side of 2nd lens group GRII field over will decrease, and the spherical aberration of the lens whole system remains in an undershirt side greatly, and it becomes impossible to amend this by the lens group after the 2nd lens group GRII.

[0042] By the way, these people offered the cause by which are the above-mentioned looking-far side and spherical aberration remains also in an undershirt side in the above-mentioned Heisei 9 patent application No. 236384, and a means to use the aspheric surface for the 1st lens group as the solution.

[0043] Therefore, also in this invention zoom lens, although the configuration of a lens system has changed from the thing of the 5 above-mentioned group methods to the thing of 4 group methods, if the above-mentioned cause and a cure are applied as it is, it will become a practical and economical means to attain simultaneously a raise in the scale factor of a zoom ratio, a miniaturization, and good chief examiner amendment as a lens of a noncommercial video camera.

[0044] In this invention, to aspheric-surface-izing of the 1st lens group GRI, since the effective diameter of a lens being large and anomalous-scattering nature glass do not turn to a mould process, it is realistic to form the compound aspheric surface film in the front face made into the spherical surface by polish.

[0045] To the above-mentioned looking-far side When the big residual spherical aberration which can be set is amended in the compound aspheric surface, the burden of the aspheric surface over aberration amendment is large, and it becomes sensitive to the gap from the configuration on the design of the aspheric surface changing [ of aberration ] it. When too sensitive, it becomes impossible to also disregard change of few configurations by the temperature change to fluctuation of aberration, although it is so small that configuration change can generally be disregarded to a temperature change, since the compound aspheric surface film is an about 0.1mm thin resin layer.

[0046] Since the amount of aspheric surfaces as a gap from the paraxial spherical

surface is required because of aberration amendment, change of the aberration by the temperature change cannot be made sensitive by the shape of surface type. However, bringing close to a parallelism configuration is possible by equalizing change of the configuration by the temperature change.

[0047] Moreover, since the refractive power of the spherical surface of the anomalous-scattering nature glass which attaches aspheric surface resin is dramatically weak when the refractive index of the aspheric surface resin with which the refractive index of anomalous-scattering nature glass forms a resin layer about by 1.49 is made about into 1.53, it can be used as a degree of freedom for equalizing the thickness of a resin layer. That is, the radius of curvature of the spherical surface which fits the aspheric surface on the front face of resin on the average is set up, and by doubling the spherical surface of anomalous-scattering nature glass with the radius of curvature, a resin layer can be equalized without carrying out monotonous increment and monotonous reduction.

[0048] In addition, although anomalous-scattering nature glass is the graph expressed with the value defined by  $(n_g - n_F)/(n_F - n_C)$  and the Abbe number and that from which it separated greatly from the straight line which connects C7 and F2 was said, since it was important in this invention to combine abnormality partial-dispersion nature and low dispersibility, it was made to use it for the 2nd lens L2 or the 3rd lens L3 whose Abbe number is a convex lens about 80 or more glass.

[0049] Although the 3rd lens group GRIII and the 4th lens group GRIV are for amending the various aberration of a medium focal region mainly from a wide angle edge, there is a zoom lens indicated by the patent official report No. 2774680 as a lens system suitable for such good aberration amendment. And fundamental lens arrangement and the fundamental configuration of this invention are similar to the zoom lens indicated by the above-mentioned official report.

[0050] However, in order to have an about 8-time zoom ratio and for a zoom ratio to obtain amendment of good aberration by about 50 times, various aberration is improved by modification or an addition of the component of this invention, and it is made insensible also to the error of components precision or assembly precision, and the zoom lens indicated by the above-mentioned official report is at the mass production time. It is necessary to raise the repeatability of the design engine performance which can be set.

[0051] For example, if the convex lens and the concave lens are not joined, the 3rd lens group GRIII will produce eccentricity at the time of assembly, and will cause piece dotage. Therefore, in this invention, the engine performance stabilized because it is made to perform a centering at the time of junction is obtained by making these into a cemented lens. In addition, amendment of the spherical aberration and comatic aberration by the side of a wide angle can improve by considering as the field which serves for refractive power to become weak as it makes the aspheric surface the field by the side of the body of the 7th lens L7 which is a convex lens and separates

from an optical axis.

[0052] Moreover, while the 4th lens group GRIV attains stabilization of the engine performance at the time of mass production by using as a cemented lens the 9th lens L9 which is a concave lens, and the 10th lens L10 which is a convex lens, the work which suppresses fluctuation of the aberration by amendment and the 4th lens group GRIV of a curvature of field mainly moving is given by making the field by the side of the image of the 10th lens L10 into the aspheric surface.

[0053] Next, amendment of the chromatic aberration in a medium focal distance region is explained from a wide angle edge.

[0054] To amendment of axial overtone aberration, the effect of the 3rd lens group GRIII and the 4th lens group GRIV is large, and the effect of the 4th lens group GRIV is large about amendment of the chromatic aberration of magnification to it. Moreover, since the 4th lens group GRIV moves in connection with zooming and focusing, this causes [ of chromatic aberration ] fluctuation.

[0055] The above-mentioned conditional expression 1 is for specifying the conditions for the achromatism of the 3rd lens group GRIII, and making it amendment of chromatic aberration not incline toward the 4th lens group GRIV.

[0056] That is, in conditional expression 1, if the value of  $1/\nu_{III}$  exceeds an upper limit, the achromatism effectiveness by the 3rd lens group GRIII becomes weak, and cannot but strengthen the achromatism effectiveness of the part and the 4th lens group GR4.

[0057] Moreover, if the value of  $1/\nu_{IV}$  comes to exceed a minimum as a result in the conditional expression 2 which specified the conditions for the achromatism of the 4th lens group GRIV, fluctuation of the axial overtone aberration and the chromatic aberration of magnification accompanying migration of the 4th lens group GRIV will exceed tolerance, and this will become the fault of a high scale-factor zoom lens.

[0058] Although the achromatism effectiveness of the 4th lens group GRIV must be weakened in order to balance axial overtone aberration if the value of  $1/\nu_{III}$  exceeds a minimum in conditional expression 1 reversely If the value of  $1/\nu_{IV}$  comes to exceed an upper limit in conditional expression 2 by this, since the chromatic aberration of magnification will mainly be amended by the 4th lens group GRIV, it becomes difficult especially to amend [ of the chromatic aberration of magnification at the time besides migration hemorrhoids ] the 4th lens group GRIV at a body side.

[0059] Next, the numerical example which shows the gestalt of operation of this invention zoom lens is explained with reference to an accompanying drawing.

[0060] First, a common matter is explained.

[0061] A zoom lens 1 has forward refractive power sequentially from a body side. Always The 1st lens group GRI of immobilization, It has negative refractive power. The 2nd lens group GRII movable mainly for variable power Have forward refractive power and it always has the 3rd lens group GRIII and the forward refractive power of immobilization. It is constituted by the 4th lens group GRIV movable for amendment of

the focal location by zooming, and focusing. The convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens L1 of a concave meniscus lens and the 2nd lens L2 of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group GRI in order / side / body ], and body side is caused 3rd lens L3, and it constitutes. The 4th lens L4 of the concave meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and a cemented lens with 6th lens L6 of the 5th lens L5 and convex lens of a biconcave lens constitute the 2nd lens group GRII. It constitutes. the 3rd lens group GRIII — the order from a body side — the cemented lens of the 7th lens L7 of a convex lens, and the 8th lens L8 of a concave lens — The cemented lens of the 9th lens L9 of a concave meniscus lens and the 10th lens L10 of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the 11th lens L11 of a convex lens constitute the 4th lens group GRIV.

[0062] Moreover, in a zoom lens 1, the field by the side of the body of the 2nd lens L2 of the 1st lens group GRI is the compound aspheric surface, the field by the side of the body of the 7th lens L7 of the 3rd lens group GRIII is the aspheric surface, and the field by the side of the image of the 10th lens L10 of the 4th lens group GRIV is the aspheric surface.

[0063] Furthermore, it extracts between 6th lens L6 of the 2nd lens group GRII, and the 7th lens L7 of the 3rd lens group GRIII, and the filter 4 is arranged for 2 between the 11th lens of the 4th lens group GRIV, and the image surface 3.

[0064] Each numerical example which shows the detail of this invention zoom lens below is shown.

[0065] In addition, the suffix in connection with the thin resin layer which counted "i" from the body side and was formed in the i-th field in the following explanation, [ri] is counted from a body side. The radius of curvature of the i-th field and "di" The spacing between the i-th page and the i+1st page, The refractive index in d line of construction material by which "ni" constitutes the i-th lens Li, the Abbe number of the construction material from which "nu<sub>i</sub>" constitutes the i-th lens Li, The expedient synthetic focal distance in which "fi" calculated the 3rd lens group GRIII for the focal distance of the i-th lens Li, and "fIII" as a light-gage adhesion system, Let "fIV(s)" be the expedient synthetic focal distance which calculated the 4th lens group GRIV as a light-gage adhesion system, the equivalence Abbe number of the 3rd lens group GRIII of "nu<sub>III</sub>", and the equivalence Abbe number of the 4th lens group GRIV of "nu<sub>IV</sub>".

[0066] moreover — if the definition of the aspheric surface sets "xi" and the height from an optical axis to "H" for the depth of the aspheric surface —  $1 + (1 - H^2/ri^2) \sum_{j=2}^n (Aj - jH^j)$

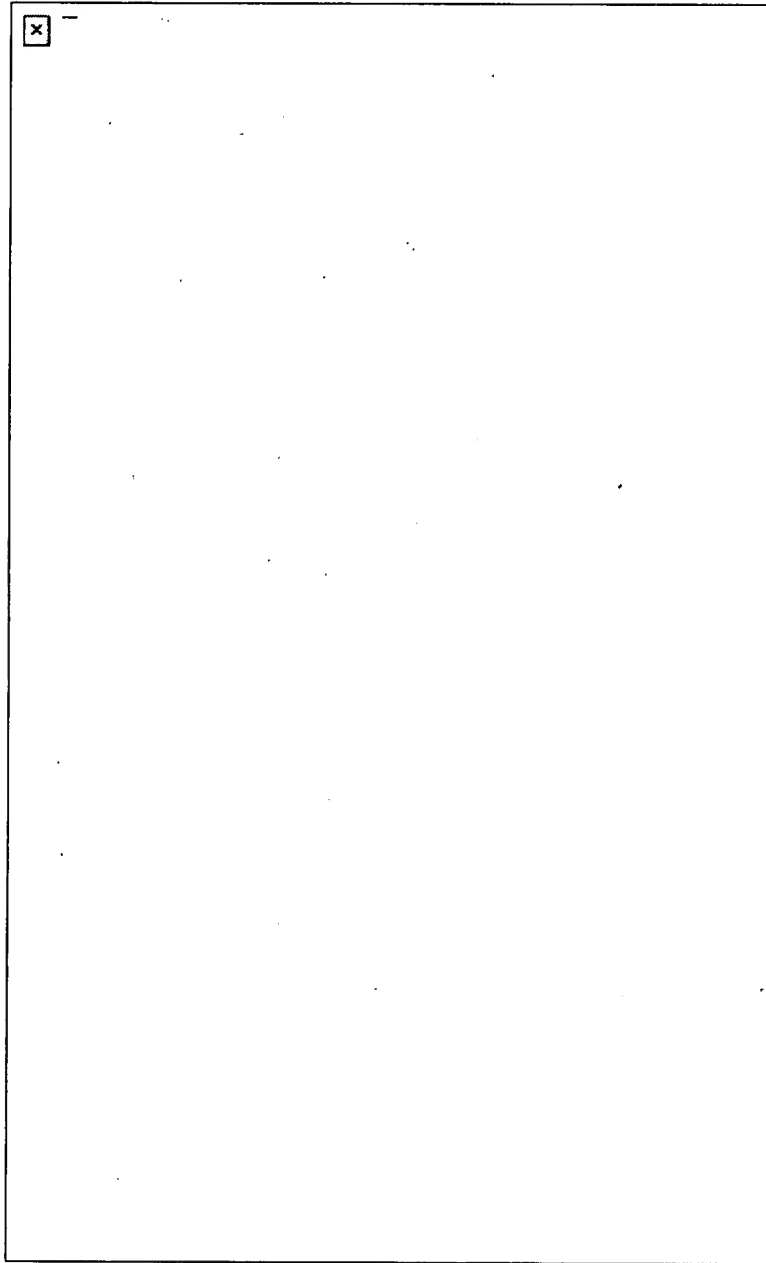
It is alike and shall define. And in each table showing the following aspheric surface multipliers, "e" shows the exponential notation which uses 10 as a bottom, and "e-3" is "10-3."

[0067] The following table 1 and drawing 2 show the configuration of each numeric

value of the zoom lens 1 concerning the numerical example 1, and the 1st lens group GRI.

[0068]

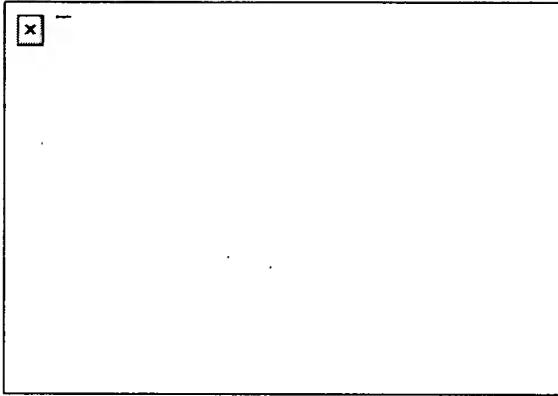
[A table 1]



[0069] As shown in the above-mentioned table 1, in connection with zooming \*\* focusing of a zoom lens 1, spacings  $d_5$ ,  $d_{10}$ ,  $d_{14}$ , and  $d_{19}$  are adjustable (variable). Therefore, each numeric value of each above-mentioned adjustable spacing in the medium focal location ( $f = 40.131$ ) of a wide angle edge ( $f = 2.316$ ), a tele edge ( $f = 122.02$ ) and a wide angle edge, and a tele edge is shown in a table 2.

[0070]

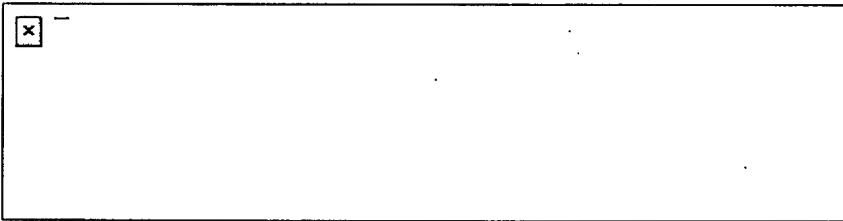
[A table 2]



[0071] Moreover, field r3' constituted by the aspheric surface, 4th aspheric surface multiplier A4 [ 6th / 8th / 10th ] of r12 and r17, and A6, A8 and A10 are shown in a table 3.

[0072]

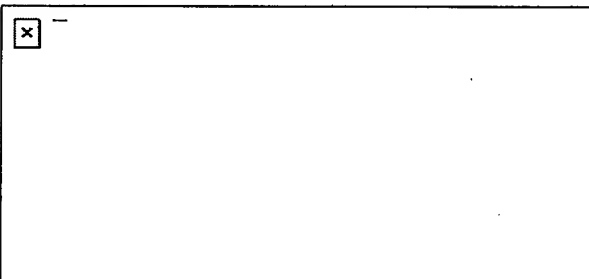
[A table 3]



[0073] Each numeric value relevant to said conditional expression 1 and 2 is shown in a table 4.

[0074]

[A table 4]



[0075] The spherical aberration in the medium focal location and tele edge of a wide angle edge, a wide angle edge, and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration are shown in drawing 3 thru/or drawing 5 , respectively.

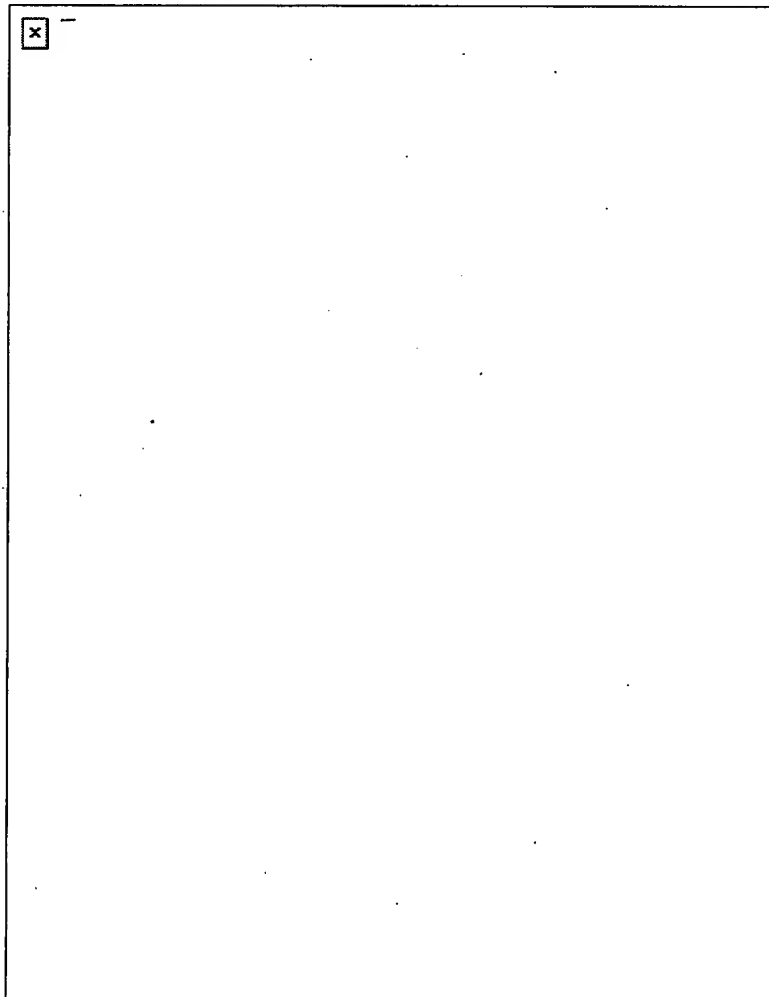
[0076] In addition, in spherical-aberration drawing, d line and a broken line show g line, an alternate long and short dash line shows the value in C line, and a continuous line shows a value [ in / a continuous line and / in a broken line / a meridional image surface ] in astigmatism drawing (also setting to each following example of numerical

\*\*\*\* the same). [ the sagittal image surface ]

[0077] A table 5 and drawing 6 show the configuration of each numeric value of zoom lens 1A concerning the numerical example 2, and the 1st lens group GRI.

[0078]

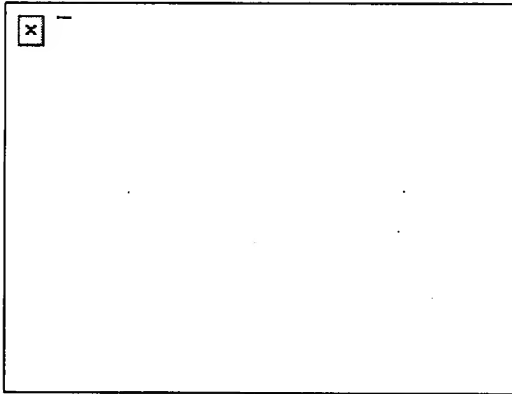
[A table 5]



[0079] As shown in the above-mentioned table 5, in connection with zooming and focusing of zoom lens 1A, spacings  $d_5$ ,  $d_{10}$ ,  $d_{14}$ , and  $d_{19}$  are adjustable (variable). Therefore, each numeric value of each above-mentioned adjustable spacing in the medium focal location ( $f = 40.552$ ) of a wide angle edge ( $f = 2.304$ ), a tele edge ( $f = 122.22$ ) and a wide angle edge, and a tele edge is shown in a table 6.

[0080]

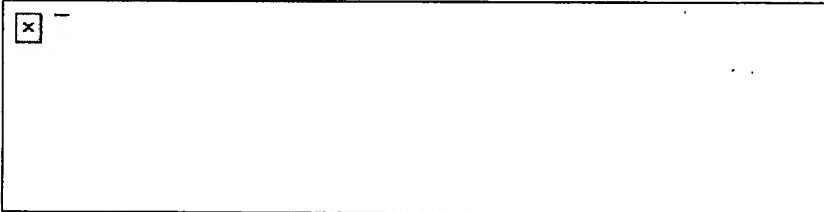
[A table 6]



[0081] Moreover, field r3' constituted by the aspheric surface, 4th aspheric surface multiplier A4 [ 6th / 8th / 10th ] of r12 and r17, and A6, A8 and A10 are shown in a table 7.

[0082]

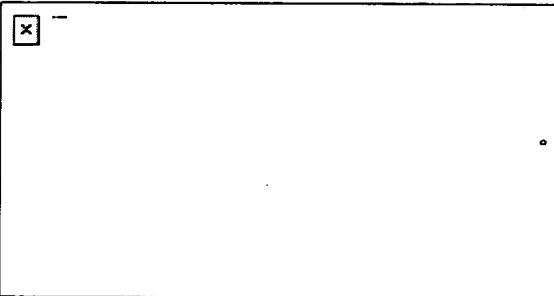
[A table 7]



[0083] Each numeric value relevant to said conditional expression 1 and 2 is shown in a table 8.

[0084]

[A table 8]

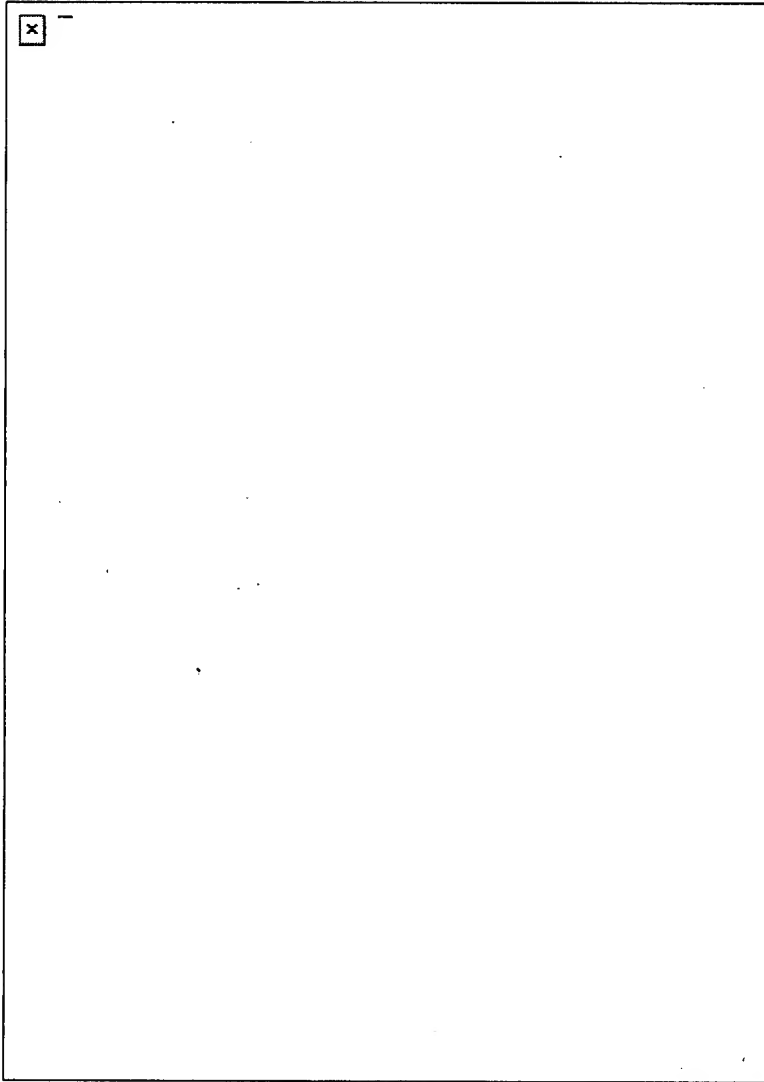


[0085] The spherical aberration in the medium focal location and tele edge of a wide angle edge, a wide angle edge, and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration. are shown in drawing 7 thru/or drawing 9 , respectively.

[0086] A table 9 and drawing 10 show the configuration of each numeric value of zoom lens 1B concerning the numerical example 3, and the 1st lens group GRI.

[0087]

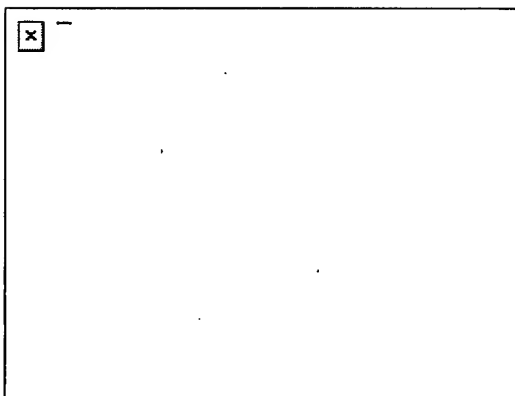
[A table 9]



[0088] As shown in the above-mentioned table 9, in connection with the \*\*\*\* implement and focusing of a zoom lens 1, spacings  $d_5$ ,  $d_{10}$ ,  $d_{14}$ , and  $d_{19}$  are adjustable (variable). Therefore, each numeric value of each above-mentioned adjustable spacing in the medium focal location ( $f=40.131$ ) of a wide angle edge ( $f=2.316$ ), a tele edge ( $f=122.02$ ) and a wide angle edge, and a tele edge is shown in a table 10.

[0089]

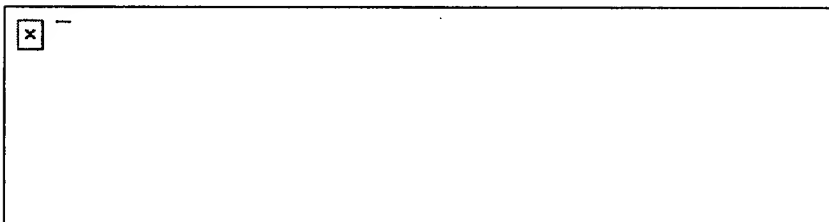
[A table 10]



[0090] Moreover, field r3' constituted by the aspheric surface, 4th aspheric surface multiplier A4 [ 6th / 8th / 10th ] of r12 and r17, and A6, A8 and A10 are shown in a table 11.

[0091]

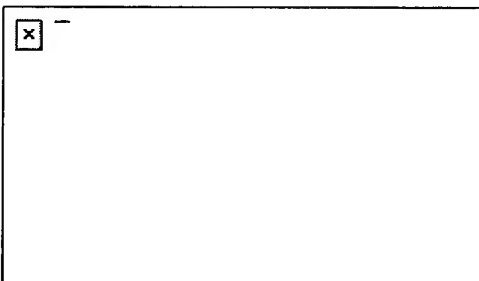
[A table 11]



[0092] Each numeric value relevant to said conditional expression 1 and 2 is shown in a table 12.

[0093]

[A table 12]



[0094] The spherical aberration in the medium focal location and tele edge of a wide angle edge, a wide angle edge, and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration are shown in drawing 11 thru/or drawing 13 , respectively.

[0095] As indicated above, according to this invention, it becomes possible to offer the zoom lens which attained simultaneously high definition sufficient as what is used for a raise in a super-scale factor, the practical magnitude, and the noncommercial video camera of a zoom ratio at the maximum taking advantage of the effectiveness of the miniaturized image sensor only by adding a new component to the zoom lens of

4 general group configurations conventionally.

[0096] Moreover, it becomes possible to obtain the zoom lens which became good also in respect of the workability of a lens with the combination of each above-mentioned component.

[0097] In addition, it passes over no the concrete configurations and structures of each part which were shown in the gestalt of said operation to what showed a mere example of the somatization which hits carrying out this invention, and the technical range of this invention is not restrictively interpreted by these.

[0098]

[Effect of the Invention] So that clearly from the place indicated above this invention zoom lens In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups, the 1st lens group most located in a body side The 3rd lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Since whenever [ wear ] used 300 or more \*\* material for the construction material of the 2nd lens and the film of resin was formed in the front face of the 1st [ at least ] page Since required profile irregularity was acquired by amending the field which is not good as for the profile irregularity produced by manufacturing cheaply the 2nd lens which is a convex lens by the large \*\* material of whenever [ wear ], and using the large \*\* material of whenever [ wear ] by the film of resin The manufacturing cost of a zoom lens can be reduced.

[0099] In the zoom lens of the multi-group configuration which has two or more lens groups if it is in invention indicated to claim 2 The 3rd lens of the meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group most located in a body side sequentially from the body side ], and body side constitutes. Since whenever [ wear ] used 300 or more \*\* material for the construction material of the 3rd lens and the film of resin was formed in the front face of the 1st [ at least ] page The 3rd lens which is a meniscus lens which turned the convex to the body side is cheaply manufactured by the large \*\* material of whenever [ wear ]. Since required profile irregularity was acquired by amending the field which is not good as for the profile irregularity produced by using the large \*\* material of whenever [ wear ] by the film of resin, the manufacturing cost of a zoom lens can be reduced.

[0100] If it is in invention indicated to claim 3, it has forward refractive power sequentially from a body side. Always The 1st lens group of immobilization, It has negative refractive power. The 2nd lens group movable mainly for variable power, In the zoom lens which has forward refractive power, always has forward refractive power with the 3rd lens group of immobilization, and is constituted by the 4th lens group movable for amendment of the focal location by zooming, and focusing The 3rd

lens of the convex meniscus lens which turned the convex to the cemented lens [ of the 1st lens of a concave meniscus lens and the 2nd lens of a convex lens which turned the convex to the body side for the 1st lens group in order / side / body ], and body side constitutes. The 4th lens of the concave meniscus lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the cemented lens of the 5th lens of a biconcave lens and the 6th lens of a convex lens constitute the 2nd lens group. The cemented lens of the 7th lens of a convex lens and the 8th lens of a concave lens constitutes the 3rd lens group sequentially from a body side. The cemented lens of the 9th lens of a concave meniscus lens and the 10th lens of a convex lens which turned the convex to the body side sequentially from the body side, and the 11th lens of a convex lens constitute the 4th lens group. The aspheric surface constitutes at least one field of each lens which constitutes the 1st lens group. Since the field constituted by this aspheric surface considered as the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter in the case of the convex and considered as the aspheric surface configuration which becomes deeper than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter in the case of the concave surface. The zoom lens which equipped the maximum with a raise in a super-scale factor and practical magnitude taking advantage of the advantage of a small image sensor, and was equipped with high definition sufficient as what is used for a noncommercial video camera can be offered.

[0101] Moreover, if it is in invention indicated to claim 4, since it considered as the compound aspheric surface which constituted the aspheric surface by forming the film of resin on the surface of the spherical surface, it is accurate and the aspheric surface configuration on the front face of a lens can be constituted cheaply.

[0102] If it was in invention indicated to claim 5, since it was made to approach homogeneity, without distribution of the thickness of the layer of resin changing with a monotonous increment or monotonous reduction within an effective diameter by fitting the radius of curvature of the bulb side which forms the compound aspheric surface to an aspheric surface configuration, fluctuation of the various aberration produced by change of the configuration of the lens side by the temperature change can be controlled effectively.

[0103] If it was in invention indicated to claim 6, since the Abbe number of the construction material of at least one lens was made or more into 80 among the 2nd lens and the 3rd lens which constitute the 1st lens group, the \*\* material of the construction material which combines abnormality partial-dispersion nature and low dispersibility can be used.

[0104] Furthermore, if it is in invention indicated to claim 7 thru/or claim 9 While making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group or more into 80 Since it constituted by forming the film of resin in the front face of the spherical surface, while being able to use the \*\* material of the

construction material which combines abnormality partial-dispersion nature and low dispersibility for the 2nd lens, the precision on the front face of a lens can be raised.

[0105] If it is in invention indicated to claim 10 thru/or claim 16 While making the Abbe number of the construction material of the 2nd lens of the 1st lens group, and the 3rd lens or more into 80 Since the film of resin was formed in at least one field of the 3rd lens, while being able to use the \*\* material of the construction material which combines abnormality partial-dispersion nature and low dispersibility for the 2nd lens and the 3rd lens, the precision on those front faces of a lens can be raised.

[0106] If it is in invention indicated to claim 17, while the aspheric surface constitutes the field by the side of the body of the 7th lens of the 3rd lens group, the aspheric surface constitutes the field by the side of the image of the 10th lens of the 4th lens group. Since these fields were made into the aspheric surface configuration which becomes shallower than the depth of the paraxial spherical surface in an effective diameter While being able to amend now the spherical aberration and comatic aberration by the side of a wide angle good, fluctuation of the various aberration by amendment and the 4th lens group of a curvature of field moving can be controlled effectively.

[0107] If it is in invention indicated to claim 18, when the 3rd lens group and the 4th lens group make nuIII the equivalence Abbe number of the 3rd lens group and make nuIV the equivalence Abbe number of the 4th lens group, - Since it was made to satisfy the monograph affair of  $0.018 < 1/\text{nuIII} < 0.018$  and  $-0.005 < 1/\text{nuIV} < 0.005$ , various aberration in the medium focal location of a wide angle edge and a tele edge can be amended good from a wide angle edge.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing roughly the fundamental configuration in connection with the gestalt of operation of this invention zoom lens.

[Drawing 2] With drawing 3 thru/or drawing 5 , the numerical example 1 of the gestalt of operation of this invention zoom lens is shown, and this Fig. is drawing showing the configuration of the 1st lens group roughly.

[Drawing 3] It is drawing showing the spherical aberration in a wide angle edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 4] It is drawing showing the spherical aberration in the medium focal location of a wide angle edge and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 5] It is drawing showing the spherical aberration in a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 6] With drawing 7 thru/or drawing 9 , the numerical example 2 of the gestalt of operation of this invention zoom lens is shown, and this Fig. is drawing showing the configuration of the 1st lens group roughly.

[Drawing 7] It is drawing showing the spherical aberration in a wide angle edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 8] It is drawing showing the spherical aberration in the medium focal location of a wide angle edge and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 9] It is drawing showing the spherical aberration in a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 10] With drawing 11 thru/or drawing 13 , the numerical example 3 of the gestalt of operation of this invention zoom lens is shown, and this Fig. is drawing showing the configuration of the 1st lens group roughly.

[Drawing 11] It is drawing showing the spherical aberration in a wide angle edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 12] It is drawing showing the spherical aberration in the medium focal location of a wide angle edge and a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Drawing 13] It is drawing showing the spherical aberration in a tele edge, astigmatism, and distortion aberration.

[Description of Notations]

1 [ -- The 1st lens group, ] -- A zoom lens, 1A -- A zoom lens, 1B -- A zoom lens, GRI GRII -- The 2nd lens group, GRIII -- The 3rd lens group, the 4th lens group of GRIV, L1 [ -- The 4th lens, L5 / -- The 5th lens, L6 / -- The 6th lens, L7 / -- The 7th lens, L8 / -- The 8th lens, L9 / -- The 9th lens, L10 / -- The 10th lens, L11 / -  
- The 11th lens ] -- The 1st lens, L2 -- The 2nd lens, L3 -- The 3rd lens, L4

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-227548

(P2000-227548A)

(43) 公開日 平成12年8月15日 (2000.8.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 15/16  
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/16  
13/18

データベース (参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願平11-29151

(22) 出願日

平成11年2月5日 (1999.2.5)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 南條 雄介

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100069051

弁理士 小松 祐治

Fターム (参考) 2H087 KA03 MA15 PA07 PB11 QA02

QA07 QA17 QA21 QA25 QA34

QA41 QA46 RA05 RA12 RA13

RA43 SA23 SA27 SA29 SA32

SA63 SA65 SA72 SA74 SB04

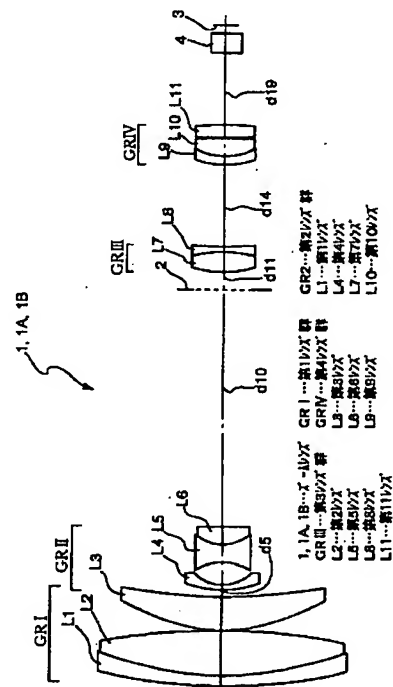
SB14 SB23 SB34 UA01 UA06

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 4群構成のズームレンズの潜在性能を十分に引き出すと共に、ズーム比の高倍率化に伴う各構成部品の製造上の問題を解決する。

【解決手段】 複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズ1において、最も物体側に位置する第1レンズ群GRIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズの材質に摩擦度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、

最も物体側に位置する第1レンズ群が、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成され、

第2レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、

最も物体側に位置する第1レンズ群が、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成され、

第3レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とするズームレンズ。

【請求項3】 物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群と、正の屈折力を有し、ズームリングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、

上記第1レンズ群は、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成され、

上記第2レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズ及び両凹レンズの第5レンズと凸レンズの第6レンズとの接合レンズによって構成され、

上記第3レンズ群は、物体側から順に凸レンズの第7レンズと凹レンズの第8レンズとの接合レンズによって構成され、

上記第4レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズと凸レンズの第10レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第11レンズによって構成され、

第1レンズ群を構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、

上記非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたことを特徴とするズームレンズ。

【請求項4】 非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項5】 複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適應させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたことを特徴とする請求項4に記載のズームレンズ。

【請求項6】 第1レンズ群を構成する第2レンズと第3レンズの内、少なくとも1つのレンズの材質のアッベ数を80以上としたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項7】 第1レンズ群の第2レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、その像側の面を複合非球面によって構成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項8】 第1レンズ群の第2レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、その像側の面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項9】 第1レンズ群の第2レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、その像側の面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成された複合非球面としたことを特徴とする請求項4に記載のズームレンズ。

【請求項10】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項11】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項12】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項13】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項6に記載のズームレンズ。

【請求項14】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項7に記載のズームレンズ。

【請求項15】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項8に記載のズームレンズ。

【請求項16】 第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアッペ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。

【請求項17】 第3レンズ群の第7レンズの物体側の面を非球面によって構成すると共に第4レンズ群の第10レンズの像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項18】 第3レンズ群及び第4レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

$$-0.018 < 1/v_{III} < 0.018$$

$$-0.005 < 1/v_{IV} < 0.005$$

但し、

$v_{III}$ ：第3レンズ群の等価アッペ数、

$v_{IV}$ ：第4レンズ群の等価アッペ数、

とする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として民生用ビデオカメラのズームレンズの高倍率化、即ち、最も一般的なズーム方式であるにもかかわらず、ズーム比が50倍程度の超高倍率化を達成すると共に広角端における明るさがF1.8程度と明るく、ズーム全域において各種収差が良好に補正されたズームレンズを提供するための技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の民生用ビデオカメラのズームレンズは、例えば、特許公報第2746155号に記載されたものように、物体側から順に、正、負、正、正の屈折力配置を有する4群構成のものが一般的であり、第3レンズ群と第4レンズ群の構成を工夫したり、非球面を活用することで、高倍率化や小型化等の機能を向上させてきた。

【0003】しかしながら、ズームレンズにおいて、同時に高倍率化と小型化とを達成することは、撮像素子の小型化に負うことが大きかった。

【0004】即ち、ズームレンズの各構成部品の製作時において、以前は、上記各構成部品を大きく作らざるを得なかったために必要な精度が出せなかったが、撮像素子の小型化によって、小型の撮像素子に合わせて、従来並の大きさでも高倍率のズームレンズが設計可能になり、相対的に上記各構成部品の大きさが小さくすることが可能となって精度が向上すると共に、現実的ではなかった使用のレンズも実用的なものになるからである。

【0005】本件出願人は、平成9年特許願第236384号において、画面対角線長3mmで約50倍のズーム比を実現する、物体側から順に、正、負、正、負、正

の屈折力配置を有する5群構成のズームレンズを提供した。

【0006】上記5群構成のズームレンズは、ズーム比が大きい割には前玉径を小さくできるという効果があり、可変頂角プリズム等の光学式防振（手振れ補正）装置を、その物体側に装着するのにも都合が良かった。

【0007】また、望遠端におけるFナンバーを暗くすることができる、球面収差や色収差の補正手段の1つになっていることにも特徴があった。

【0008】しかしながら、上記5群構成のズームレンズは、以下のような問題点を有するものである。

【0009】即ち、望遠端におけるFナンバーを暗くすると、暗すぎて実用上の障害となることもあり、また、5群構成のレンズ系を有するため、必然的に構成レンズの枚数も多くなり、民生用のズームレンズとしては、コストが高いという問題があった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題点に鑑み、4群構成のズームレンズの潜在性能を十分に引き出すと共に、ズーム比の高倍率化に伴う各構成部品の製造上の問題を解決することを課題とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明ズームレンズは、以下のような構成を有するものである。

【0012】第1のものは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したものである。

【0013】従って、凸レンズである第2レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することが可能となる。

【0014】また、本発明ズームレンズの第2のものは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けたメニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第3レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したものである。

【0015】従って、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第3レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に

製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することが可能となる。

【0016】更に、本発明ズームレンズの第3のものは、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群と、正の屈折力を有し、ズームングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群を、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズ及び両凹レンズの第5レンズと凸レンズの第6レンズとの接合レンズによって構成し、第3レンズ群を、物体側から順に凸レンズの第7レンズと凹レンズの第8レンズとの接合レンズによって構成し、第4レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズと凸レンズの第10レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第11レンズによって構成し、第1レンズ群を構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたものである。

【0017】従って、小型の撮像素子の利点を最大限に生かして、超高倍率化と実用的な大きさを備え、民生用のビデオカメラに用いるものとして十分な高画質を備えたズームレンズを提供することが可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】最初に、本発明ズームレンズの概要を説明する。

【0019】(1)複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群GRIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズL2の材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0020】(2)複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群GRIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メ

ニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第3レンズL3の材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0021】上記(1)及び(2)の構成は、例えば、ズーム比が50倍程度の超高倍率ズームレンズを小型に設計しようとするとき、最も物体側で全体として正の屈折率を有する第1レンズ群GRIの凸レンズに使用する硝材の製造コストを安くする手段に関するものである。

【0022】即ち、望遠側の2次スペクトルを効果的に補正するには、凹、凸、凸の3枚構成のレンズ群で、少なくとも1枚の凸レンズは超低分散ガラス又は異常部分分散性の強い低分散ガラスを使用せざるを得ないが、これら異常分散性を持ったガラスは摩耗度が300以上と大きく、良好な面精度を得るためには熟練した技能者が慎重に仕上げる必要がある。また、表面が柔らかいので傷が付きやすく、例えば、心取り工程でのベルチェックにより傷が付きやすい等、加工の難しさがある。尚、摩耗度とは、日本光学ガラス工業会規格(JOGIS)に基づく測定法によるものである。

【0023】一方、民生用のビデオカメラのレンズは、高速研磨機や熟練技術を有しない作業員によって安価に製造することによって、レンズの製造コストを安くしてビデオカメラ全体のコストを低減することに貢献してきた経緯がある。

【0024】ところが、上記のような方法で上記摩耗度の大きい硝材を加工すると、必要な面精度が得られず、望遠側における結像性能の劣化や潜傷による所謂ヌケの悪さをもたらすことになる。

【0025】従って、本発明は、摩耗度の大きい(300以上)硝材を用いて、高速研磨機や熟練技術を有しない作業員によってレンズを安価に製造し、面精度の良くない球面の表面には樹脂の薄い層を形成し、該樹脂層の表面精度は型の面を精度良く転写することによって確保して、ガラスレンズを精度良く研磨したときと同様の効果を得るようにしたものである。

【0026】(3)物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群GRIと、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群GRIIと、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群GRIIIと、正の屈折力を有し、ズームングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群GRIVによって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群GRIを、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズ群GRIIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズL4及び両凹レンズの第5レンズL5と凸レンズの第6レンズL6との接

合レンズによって構成し、第3レンズ群GRIIIを、物体側から順に凸レンズの第7レンズL7と凹レンズの第8レンズL8との接合レンズによって構成し、第4レンズ群GRIVを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズL9と凸レンズの第10レンズL10との接合レンズ及び凸レンズの第11レンズL11によって構成し、第1レンズ群GRIを構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたことを特徴とする。

【0027】(4) 上記第1レンズ群GRIの非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成した複合非球面としたことを特徴とする。

【0028】(5) 第1レンズ群GRIの複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適應させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたことを特徴とする。

【0029】(6) 第1レンズ群GRIを構成する第2レンズL2と第3レンズL3の内、少なくとも1つのレンズの材質のアッペ数を80以上としたことを特徴とする。

【0030】(7) 第1レンズ群GRIの第2レンズL2の材質のアッペ数を80以上にすると共に、その像側の面を複合非球面によって構成したことを特徴とする。

【0031】(8) 第1レンズ群GRIの第2レンズL2と第3レンズL3の材質のアッペ数を80以上にすると共に、第3レンズL3の少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したことを特徴とする。

【0032】(9) 第3レンズ群GRIIIの第7レンズL7の物体側の面を非球面によって構成すると共に第4レンズ群GRIVの第10レンズL10の像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたことを特徴とする。

【0033】(10) 第3レンズ群及び第4レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.018 < 1/v_{III} < 0.018 \quad (\text{条件式1})$$

$$-0.005 < 1/v_{IV} < 0.005 \quad (\text{条件式2})$$

但し、 $v_{III}$ : 第3レンズ群GRIIIの等価アッペ数、 $v_{IV}$ : 第4レンズ群GRIVの等価アッペ数とする。

【0034】尚、第3レンズ群GRIIIの等価アッペ数 $v_{III}$ とは、第3レンズ群GRIIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離を $f_{III}$ 、第7レンズL7と第8レンズL8の焦点距離とアッペ数をそれぞれ $f_7$ 、 $f_8$ 、 $v_7$ 、 $v_8$ とすると、 $1/f_{III} = 1/f_7 + 1/f_8$ 及び $1/f_{III} \cdot v_{III} = 1/f_7 \cdot v_7 + 1/f_8 \cdot v_8$ から得られる便宜的に薄肉の単レンズに

置き換えた値であり、同様に、第4レンズ群GRIVの等価アッペ数 $v_{IV}$ とは、第4レンズ群GRIIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離を $f_{IV}$ 、第9レンズL9、第10レンズL10及び第11レンズL11の焦点距離とアッペ数をそれぞれ $f_9$ 、 $f_{10}$ 、 $f_{11}$ 、 $v_9$ 、 $v_{10}$ 、 $v_{11}$ とすると、 $1/f_{IV} = 1/f_9 + 1/f_{10} + 1/f_{11}$ 及び $1/f_{IV} \cdot v_{IV} = 1/f_9 \cdot v_9 + 1/f_{10} \cdot v_{10} + 1/f_{11} \cdot v_{11}$ から得られる、便宜的に薄肉の単レンズに置き換えた値である。

【0035】上記(3)乃至(10)の構成は、4群構成のズームレンズの潜在性能をズーム比の高倍率化に適合するように、各レンズ群の構成を具体的に示すものである。

【0036】第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIは、レンズタイプとしては、従来から多く用いられている構成を有するものであるが、第1レンズ群GRIの凸レンズには異常分散性を有するガラスを使用した。

【0037】また、主として、望遠側の球面収差を補正する目的で、第1レンズ群GRIを構成するレンズのうち、少なくとも1つの面を非球面にする必要がある。これは、第1レンズ群GRIを構成する各レンズの面を球面だけで構成した場合、球面収差のアンダー側に固有的な要因が残存してしまうことが避けられないからである。

【0038】第2レンズ群GRIIは、第1レンズ群GRIから発生する球面収差を補正するように、オーバー側に固有的な要因を持たせてある。

【0039】尚、各レンズ群に固有的な要因と、光軸に平行に入射した光線がそのレンズ群の主平面を通る光線高との関係で、そのレンズ群から発生する球面収差がレンズ全系の球面収差量に及ぼす影響が決まる性質がある。

【0040】また、広角端においてはFナンバーで決まる光線束が細いので、第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIとから発生する球面収差のレンズ全系への影響は小さく、望遠側にスーミングして行くに従って、第1レンズ群GRIに入射する光線高が高くなってアンダー側の球面収差の発生量が增大するが、第2レンズ群GRIIでの光線高も、これに比例して増大するので、オーバー側の球面収差の発生量も増大して、第1レンズ群GRIと第2レンズ群GRIIの球面収差の打ち消し関係のバランスがとれて、レンズ全系としては良好な補正状況が保たれるようになる。

【0041】しかし、更に望遠側にスーミングして、入射光線束が第1レンズ群GRIの開口径で制限を受けてFナンバーが極端に暗くなると、第2レンズ群GRIIに入射する光線高は減少に転じて、第1レンズ群GRIの残存球面収差が最大となる条件であるにもかかわらず、第2レンズ群GRII野オーバー側の球面収差は減少する

ことになって、レンズ全系の球面収差はアンダー側に大きく残り、これを第2レンズ群GR II以降のレンズ群では補正することができなくなる。

【0042】ところで、本出願人は、前述の平成9年特許願第236384号において、上記望遠側で球面収差がアンダー側にも残ってしまう原因と、その解決策として第1レンズ群に非球面を使用する手段を提供した。

【0043】従って、本発明ズームレンズにおいても、レンズ系の構成が上記5群方式のものから4群方式のものへと変わっているが、上記原因と対策をそのまま適用すると、民生用のビデオカメラのレンズとしてズーム比の高倍率化、小型化及び良好な主査補正を同時に達成する実用的で経済的な手段となる。

【0044】本発明においては、第1レンズ群GR Iの非球面化には、レンズの有効径が大きいことと異常分散性ガラスがモールド製法に向かないことから、研磨によって球面にした表面に複合非球面膜を形成するのが現実的である。

【0045】上記望遠側における大きな残存球面収差を複合非球面で補正した場合、収差補正に対する非球面の負担が大きく、非球面の設計上の形状からのずれに対して収差の変動が過敏となる。複合非球面膜は、0.1 mm程度の薄い樹脂層なので、一般的には温度変化に対して形状変化は無視できるほど小さいとされているが、収差の変動に対して敏感すぎると温度変化による僅かな形状の変化も無視できなくなる。

【0046】近軸球面からのずれとしての非球面量は収差補正のために必要なものであるため、表面形状で温度変化による収差の変化を敏感にすることはできない。しかし、温度変化による形状の変化を均一化することにより、相似形状に近づけることは可能である。

【0047】また、異常分散性ガラスの屈折率は1.49程度で、樹脂層を形成する非球面樹脂の屈折率は1.53程度とすると、非球面樹脂を付ける異常分散性ガラスの球面の屈折力は非常に弱いので、樹脂層の厚みを均一化するための自由度として使用することができる。即ち、樹脂表面の非球面に、平均的にフィットする球面の曲率半径を設定し、異常分散性ガラスの球面をその曲率半径に合わせることで、樹脂層は、単調増加も単調減少もしないで、均一化できるようになる。

【0048】尚、異常分散性ガラスとは、 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$  で定義される値とアップベ数とで表したグラフで、C7とF2とを結ぶ直線から大きく外れたものをいうが、本発明においては、異常部分分散性と低分散性とを兼ね備えていることが重要なため、アップベ数が80以上のガラスを凸レンズである第2レンズL2又は第3レンズL3に使用するようにした。

【0049】第3レンズ群GR IIIと第4レンズ群GR IVは、主として広角端から中間焦点域の各種収差を補正するためのものであるが、このような良好な収差補正に

適したレンズ系として特許公報第2774680号に記載されたズームレンズがある。そして、本発明の基本的なレンズ配置と形状は、上記公報に記載されたズームレンズに類似したものである。

【0050】しかしながら、上記公報に記載されたズームレンズは、8倍程度のズーム比を有するものであり、ズーム比が50倍程度で良好な収差の補正を得るためには、本発明の構成要素の変更又は追加により各種収差を改善し、部品精度や組立精度の誤差に対しても鈍感にして、量産時における設計性能の再現性を向上させる必要がある。

【0051】例えば、第3レンズ群GR IIIは、凸レンズと凹レンズとが接合されていないと、組立時に偏心を生じ、片ぼけの原因になる。従って、本発明においては、これらを接合レンズとして、接合時に心出しを行うようにすることで安定した性能が得られるようにしたものである。尚、広角側の球面収差とコマ収差の補正は、凸レンズである第7レンズL7の物体側の面を非球面とし、光軸から離れるに従って屈折力が弱くなる働きをする面とすることで改善できるようになる。

【0052】また、第4レンズ群GR IVは、凹レンズである第9レンズL9と凸レンズである第10レンズL10とを接合レンズとすることによって、量産時における性能の安定化を図ると共に、第10レンズL10の像側の面を非球面として、主として像面湾曲の補正と第4レンズ群GR IVが移動することによる収差の変動を抑える働きを持たせたものである。

【0053】次に、広角端から中間焦点距離域における色収差の補正について説明する。

【0054】軸上色収差の補正には、第3レンズ群GR IIIと第4レンズ群GR IVの影響が大きく、倍率色収差の補正については、第4レンズ群GR IVの影響が大きい。また、第4レンズ群GR IVは、ズーム及びフォーカシングに伴って移動するものであるため、これが色収差の変動の原因となっている。

【0055】上記条件式1は、第3レンズ群GR IIIの色消しのための条件を規定したものであり、色収差の補正が第4レンズ群GR IVに偏らないようにするためのものである。

【0056】即ち、条件式1において、 $1/v_{III}$ の値が上限を越えると、第3レンズ群GR IIIによる色消し効果が弱くなって、その分、第4レンズ群GR 4の色消し効果を強くせざるを得なくなる。

【0057】また、その結果、第4レンズ群GR IVの色消しのための条件を規定した条件式2において、 $1/v_{IV}$ の値が下限を越えるようになると、第4レンズ群GR IVの移動に伴う軸上色収差と倍率色収差の変動が許容範囲を超えてしまい、これが高倍率ズームレンズの欠点となってしまふ。

【0058】反対に、条件式1において、 $1/v_{III}$ の

値が下限を越えると、軸上色収差のバランスを取るために、第4レンズ群GRIVの色消し効果を弱くせざるを得なくなるが、これによって、条件式2において $1/v_{IV}$ の値が上限を越えるようになると、倍率色収差が主に第4レンズ群GRIVで補正されるようになっているので、特に、第4レンズ群GRIVが物体側に移動時他時の倍率色収差の補正が困難となる。

【0059】次に、本発明ズームレンズの実施の形態を示す数値実施例について、添付図面を参照して説明する。

【0060】先ず、共通事項について説明する。

【0061】ズームレンズ1は、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群GRIと、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群GR IIと、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群GR IIIと、正の屈折力を有し、ズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群GR IVによって構成され、第1レンズ群GRIを、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズL1と凸レンズの第2レンズL2との接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズL3によって構成し、第2レンズ群GR IIを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズL4及び両凹レンズの第5レンズL5と凸レンズの第6レンズL6との接合レンズによって構成し、第3レンズ群GR IIIを、物体側から順に凸レンズの第7レンズL7と凹レンズの第8レンズL8との接合レンズによって構成し、第4レンズ群GR IVを、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズL9と凸レンズの第10レンズL10との接合レンズ及び凸レンズの第11レンズL11によって構成したものである。

【0062】また、ズームレンズ1においては、第1レンズ群GRIの第2レンズL2の物体側の面が複合非球

面であり、第3レンズ群GR IIIの第7レンズL7の物体側の面が非球面であり、第4レンズ群GR IVの第10レンズL10の像側の面が非球面である。

【0063】更に、第2レンズ群GR IIの第6レンズL6と第3レンズ群GR IIIの第7レンズL7との間には絞り2が、第4レンズ群GR IVの第11レンズと像面3との間にはフィルタ4が配置されている。

【0064】以下に、本発明ズームレンズの詳細を示す各数値実施例を示す。

【0065】尚、以下の説明において、「 $i$ 」は、物体側から数えて $i$ 番目の面に形成した薄い樹脂層に関わる添え字、「 $r_i$ 」は物体側から数えて $i$ 番目の面の曲率半径、「 $d_i$ 」は第 $i$ 面と第 $i+1$ 面との間の面間隔、「 $n_i$ 」は第 $i$ レンズ $L_i$ を構成する材質の $d$ 線における屈折率、「 $v_i$ 」は第 $i$ レンズ $L_i$ を構成する材質のアッベ数、「 $f_i$ 」は第 $i$ レンズ $L_i$ の焦点距離、「 $f_{III}$ 」を第3レンズ群GR IIIを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離、「 $f_{IV}$ 」を第4レンズ群GR IVを薄肉密着系として計算した便宜的な合成焦点距離、「 $v_{III}$ 」第3レンズ群GR IIIの等価アッベ数、「 $v_{IV}$ 」第4レンズ群GR IVの等価アッベ数とする。

【0066】また、非球面の定義は、非球面の深さを「 $x_i$ 」、光軸からの高さを「 $H$ 」とすると、
$$x_i = H^2 / r_i \{ 1 + (1 - H^2 / r_i^2)^{1/2} \} + \sum (A_j \cdot j H^j)$$

にて定義されるものとする。そして、以下の非球面係数を示す各表において、「 $e$ 」は10を底とする指数表現を示すものであり、例えば、「 $e-3$ 」は、「 $10^{-3}$ 」である。

【0067】以下の表1及び図2は、数値実施例1に係わるズームレンズ1の各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0068】

【表1】

$r_i$	$d_i$	$n_i$	$v_i$
$r1=80.105$	$d1=1.35$	$n1=1.84666$	$v1=23.8$
$r2=47.619$	$d2=6.072$	$n2=1.49700$	$v2=81.6$
$r3=97.923$	$d3=0.08$	$n2'=1.53610$	$v2'=41.2$
$r3'=-92.152$	$d3'=0.2$		
$r4=25.491$	$d4=4.458$	$n3=1.49700$	$v3=81.6$
$r5=79.293$	$d5=variable$		
$r6=14.147$	$d6=0.6$	$n4=1.88300$	$v4=40.8$
$r7=5.811$	$d7=2.968$		
$r8=-7.933$	$d8=2.5$	$n5=1.80610$	$v5=40.7$
$r9=5.511$	$d9=2.416$	$n6=1.84666$	$v6=23.8$
$r10=332.371$	$d10=variable$		
$r11=絞リ$	$d11=2$		
$r12=15.357$	$d12=2.569$	$n7=1.58913$	$v7=61.3$
$r13=-19.031$	$d13=1$	$n8=1.65844$	$v8=50.9$
$r14=58.888$	$d14=variable$		
$r15=16.761$	$d15=1$	$n9=1.84666$	$v9=23.8$
$r16=8.975$	$d16=2.445$	$n10=1.58913$	$v10=61.3$
$r17=-29.720$	$d17=0.2$		
$r18=43.471$	$d18=1.575$	$n11=1.58913$	$v11=61.3$
$r19=43.471$	$d19=variable$		
$r1\theta=\infty$	$d=2.52$	$n=1.51680$	$v=64.2$
$r1\theta=\infty$			

back focus=1.20

【0069】上記表1に示すように、ズームレンズ1のズームングびフォーカシングに伴って面間隔 $d5$ 、 $d10$ 、 $d14$ 及び $d19$ は可変(variable)である。従って、表2に広角端( $f=2.316$ )、望遠端( $f=122.02$ )及び広角端と望遠端との中間焦点位置( $f=40.131$ )における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

【0070】

【表2】

焦点距離( $f$ )	2.316	40.131	122.02
$F\theta\theta$	1.85	2.72	4.26
$2\omega(^{\circ})$	59.15	3.57	1.16
$d5$	1.00	29.05	33.50
$d10$	34.00	5.95	1.50
$d14$	11.33	4.12	13.16
$d19$	10.00	17.21	8.17

【0071】また、表3に非球面によって構成される面 $r3'$ 、 $r12$ 及び $r17$ の4次、6次、8次及び10次の非球面係数 $A4$ 、 $A6$ 、 $A8$ 及び $A10$ を示す。

【0072】

【表3】

非球面係数	A4	A6	A8	A10
r3'	+0.1293e-5	-0.1974e-10	+0.3254e-12	+0.3000e-15
r12	-0.7985e-4	+0.6757e-6	-0.7380e-7	+0.1774e-8
r17	+0.5169e-4	-0.1560e-5	+0.6792e-7	-0.1600e-8

【0073】表4に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0074】

【表4】

f7	14.84	f9	-24.25
f8	-21.73	f10	11.98
f11	46.80	f11	37.14
1/v III	0.00913	f1V	14.46
		1/v IV	0.000987

と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0076】尚、球面収差図において、実線はd線、破線はg線、一点鎖線はC線での値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである（以下の各数値嫉視例においても同様）。

【0077】表5及び図6は、数値実施例2に係わるズームレンズ1Aの各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0078】

【表5】

【0075】図3乃至図5にそれぞれ、広角端、広角端

ri	di	ni	vi
r1=119.227	d1=1.35	n1=1.84666	v1=23.8
r2=55.556	d2=6.22	n2=1.49700	v2=81.6
r3=73.848	d3=0.08	n2'=1.53610	v2'=41.2
r3'=-69.307	d3'=0.2		
r4=24.584	d4=4.78	n3=1.48749	v3=70.4
r5=80.883	d5=variable		
r6=17.195	d6=0.6	n4=1.83400	v4=37.3
r7=6.140	d7=2.967		
r8=-8.110	d8=2.5	n5=1.80420	v5=46.5
r9=5.754	d9=2.389	n6=1.84666	v6=23.8
r10=142.857	d10=variable		
r11=絞り	d11=2		
r12=16.080	d12=2.318	n7=1.58913	v7=61.3
r13=-40.000	d13=1	n8=1.65844	v8=50.9
r14=60.241	d14=variable		
r15=15.341	d15=1	n9=1.84666	v9=23.8
r16=8.211	d16=2.524	n10=1.58913	v10=61.3
r17=-34.598	d17=0.2		
r18=46.011	d18=1.567	n11=1.62299	v11=58.1
r19=-46.011	d19=variable		
71N7=∞	d=2.52	n=1.51680	v=64.2
71N7=∞			

back focus=1.217

【0079】上記表5に示すように、ズームレンズ1Aのズームング及びフォーカシングに伴って面間隔d5、d10、d14及びd19は可変(variable)である。従って、表6に広角端(f=2.304)、望遠端(f=122.22)及び広角端と望遠端との中間焦点位置

(f=40.552)における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

【0080】

【表6】

焦点距離( $\phi$ )	2.304	40.552	122.22
Fナンバー	1.85	2.75	4.30
$2\omega(^{\circ})$	59.63	3.53	1.16
d5	1.00	29.07	33.50
d10	34.00	5.93	1.50
d14	11.72	4.27	13.48
d19	10.00	17.45	8.24

【0081】また、表7に非球面によって構成される面  $r3'$ 、 $r12$ 及び $r17$ の4次、6次、8次及び10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0082】

【表7】

非球面係数	A4	A6	A8	A10
$r3'$	+0.1778e-5	+0.1648e-9	+0.5000e-12	+0.3000e-15
$r12$	-0.8026e-4	+0.1211e-5	-0.9191e-7	+0.1905e-8
$r17$	+0.3749e-4	-0.1208e-5	+0.5198e-7	-0.1600e-8

【0083】表8に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0084】

【表8】

$f7$	19.77	$f9$	-22.30
$f8$	-36.36	$f10$	11.51
$f11$	43.33	$f11$	37.17
$1/v III$	0.01230	$f1V$	14.51
		$1/v IV$	-0.0000551

【0085】図7乃至図9にそれぞれ、広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0086】表9及び図10は、数値実施例3に係わるズームレンズ1Bの各数値及び第1レンズ群GRIの構成を示すものである。

【0087】

【表9】

$r_i$	$d_i$	$n_i$	$v_i$
$r1=81.908$	$d1=1.35$	$n1=1.84666$	$v1=23.8$
$r2=47.619$	$d2=6.13$	$n2=1.49700$	$v2=81.6$
$r3=96.357$	$d3=0.08$	$n2'=1.53610$	$v2'=41.2$
$r3'=90.775$	$d3'=0.2$		
$r4=25.773$	$d4=0.1$	$n3'=1.53610$	$v3'=41.2$
$r4=25.773$	$d4=4.32$	$n3=1.49700$	$v3=81.6$
$r5=86.493$	$d5=0.1$	$n3'=1.53610$	$v3'=41.2$
$r5'=86.493$	$d5=variable$		
$r6=14.943$	$d6=0.6$	$n4=1.88300$	$v4=40.8$
$r7=5.740$	$d7=2.813$		
$r8=7.873$	$d8=2.5$	$n5=1.80610$	$v5=40.7$
$r9=5.580$	$d9=2.451$	$n6=1.84666$	$v6=23.8$
$r10=801.107$	$d10=variable$		
$r11=紋り$	$d11=2$		
$r12=15.105$	$d12=2.551$	$n7=1.58913$	$v7=61.3$
$r13=18.072$	$d13=1$	$n8=1.65844$	$v8=50.9$
$r14=56.574$	$d14=variable$		
$r15=16.946$	$d15=1$	$n9=1.84666$	$v9=23.8$
$r16=9.104$	$d16=2.342$	$n10=1.58913$	$v10=61.3$
$r17=33.982$	$d17=0.2$		
$r18=39.872$	$d18=1.620$	$n11=1.58913$	$v11=61.3$
$r19=39.872$	$d19=variable$		
$f_{111}=\infty$	$d=2.52$	$n=1.51680$	$v=64.2$
$f_{112}=\infty$			

back focus=1.250

【0088】上記表9に示すように、ズームレンズ1の図民具及びフォーカシングに伴って面間隔 $d5$ 、 $d10$ 、 $d14$ 及び $d19$ は可変(variable)である。従って、表10に広角端( $f=2.316$ )、望遠端( $f=122.02$ )及び広角端と望遠端との中間焦点位置( $f=40.131$ )における上記可変の各面間隔の各数値を示す。

【0089】

【表10】

焦点距離(f)	2.309	38.715	123.210
Fナンバー	1.85	2.68	4.31
$2\omega(^{\circ})$	59.08	3.69	1.16
$d5$	1.00	29.05	33.50
$d10$	34.00	5.95	1.50
$d14$	12.19	5.19	14.10
$d19$	10.00	17.00	8.09

【0090】また、表11に非球面によって構成される面 $r3'$ 、 $r12$ 及び $r17$ の4次、6次、8次及び10次の非球面係数 $A4$ 、 $A6$ 、 $A8$ 及び $A10$ を示す。

【0091】

【表11】

非球面係数	A4	A6	A8	A10
r3'	+0.1319e-5	-0.5105e-10	+0.4923e-12	+0.1244e-16
r12	-0.7092e-4	-0.1114e-6	-0.3056e-7	+0.9796e-9
r17	+0.5598e-4	-0.1500e-5	+0.6170e-7	-0.1417e-8

【0092】表12に前記条件式1及び2に関連する各数値を示す。

【0093】

【表12】

f7	14.38	f9	-24.68
f8	-20.69	f10	12.44
f11	47.15	f11	34.10
1/v III	0.00872	fIV	14.45
		1/v IV	0.00126

【0094】図11乃至図13にそれぞれ、広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【0095】以上に記載したように、本発明によれば、従来、一般的な4群構成のズームレンズに新たな構成要素を追加するだけで、小型化した撮像素子の効果を最大限に生かして、ズーム比の超高倍率化、実用的な大きさ及び民生用ビデオカメラに使用するものとして十分な高画質を同時に達成したズームレンズを提供することが可能となる。

【0096】また、上記各構成要素の組み合わせにより、レンズの加工性の点でも良好になったズームレンズを得ることが可能となる。

【0097】尚、前記実施の形態において示した各部の具体的な形状及び構造は、何れも本発明を実施するに当たっての具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0098】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように本発明ズームレンズは、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したので、凸レンズである第2レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズ

の製造コストを低減することができる。

【0099】請求項2に記載した発明にあつては、複数のレンズ群を有する多群構成のズームレンズにおいて、最も物体側に位置する第1レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けたメニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第3レンズの材質に摩耗度が300以上の硝材を用い、その少なくとも1面の表面に樹脂の薄い層を形成したので、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第3レンズを摩耗度の大きい硝材で安価に製造し、摩耗度の大きい硝材を用いることによって生じる面精度の良くない面を、樹脂の薄い層によって補正することによって必要な面精度を得るようにしたので、ズームレンズの製造コストを低減することができる。

【0100】請求項3に記載した発明にあつては、物体側から順に、正の屈折力を有し常時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し、主として変倍のために移動可能な第2レンズ群と、正の屈折力を有し、常時固定の第3レンズ群と、正の屈折力を有し、ズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群によって構成されるズームレンズにおいて、第1レンズ群を、物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第1レンズと凸レンズの第2レンズとの接合レンズ及び物体側に凸面を向けた凸メニスカスレンズの第3レンズによって構成し、第2レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第4レンズ及び両凹レンズの第5レンズと凸レンズの第6レンズとの接合レンズによって構成し、第3レンズ群を、物体側から順に凸レンズの第7レンズと凹レンズの第8レンズとの接合レンズによって構成し、第4レンズ群を、物体側から順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズの第9レンズと凸レンズの第10レンズとの接合レンズ及び凸レンズの第11レンズによって構成し、第1レンズ群を構成する各レンズの少なくとも1つの面を非球面によって構成し、該非球面によって構成される面が、凸面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状とし、凹面の場合には有効径において近軸球面の深さよりも深くなる非球面形状としたので、小型の撮像素子の利点を最大限に生かして、超高倍率化と実用的な大きさを備え、民生用のビデオカメラに用いるものとして十分な高画質を備えたズームレンズを提供することができる。

【0101】また、請求項4に記載した発明にあつて

は、非球面を、球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成した複合非球面としたので、レンズ表面の非球面形状を、精度良く、しかも、安価に構成することができる。

【0102】請求項5に記載した発明にあつては、複合非球面を形成するガラス球面の曲率半径を、非球面形状に適応させることにより、樹脂の層の厚みの分布が有効径内で単調増加又は単調減少と成らずに均一に近づくようにしたので、温度変化によるレンズ面の形状の変化によって生じる各種収差の変動を効果的に抑制することができるようになる。

【0103】請求項6に記載した発明にあつては、第1レンズ群を構成する第2レンズと第3レンズの内、少なくとも1つのレンズの材質のアップベ数を80以上としたので、異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようになる。

【0104】更に、請求項7乃至請求項9に記載した発明にあつては、第1レンズ群の第2レンズの材質のアップベ数を80以上にすると共に、その球面の表面に樹脂の薄い層を形成することによって構成したので、第2レンズに異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようにすると共に、そのレンズ表面の精度を向上させることができるようになる。

【0105】請求項10乃至請求項16に記載した発明にあつては、第1レンズ群の第2レンズと第3レンズの材質のアップベ数を80以上にすると共に、第3レンズの少なくとも1つの面に樹脂の薄い層を形成したので、第2レンズ及び第3レンズに異常部分分散性と低分散性を兼ね備えた材質の硝材を使用することができるようにすると共に、それらのレンズ表面の精度を向上させることができるようになる。

【0106】請求項17に記載した発明にあつては、第3レンズ群の第7レンズの物体側の面を非球面によって構成すると共に第4レンズ群の第10レンズの像側の面を非球面によって構成し、これらの面を有効径において近軸球面の深さよりも浅くなる非球面形状としたので、広角側の球面収差とコマ収差を良好に補正することができるようにすると共に、像面湾曲の補正及び第4レンズ群が移動することによる各種収差の変動の抑制を効果的に行うことができるようになる。

【0107】請求項18に記載した発明にあつては、第3レンズ群及び第4レンズ群が、 $v_{III}$ を第3レンズ群の等価アップベ数、 $v_{IV}$ を第4レンズ群の等価アップベ数とすると、 $-0.018 < 1/v_{III} < 0.018$ 及び

$-0.005 < 1/v_{IV} < 0.005$ の各条件を満足するようにしたので、広角端から、広角端と望遠端との中間焦点位置における各種収差の補正を良好に行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明ズームレンズの実施の形態に関わる基本的な構成を概略的に示す図である。

【図2】図3乃至図5と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例1を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図3】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図4】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図5】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図6】図7乃至図9と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例2を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図7】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図8】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図10】図11乃至図13と共に、本発明ズームレンズの実施の形態の数値実施例3を示すものであり、本図は、第1レンズ群の構成を概略的に示す図である。

【図11】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

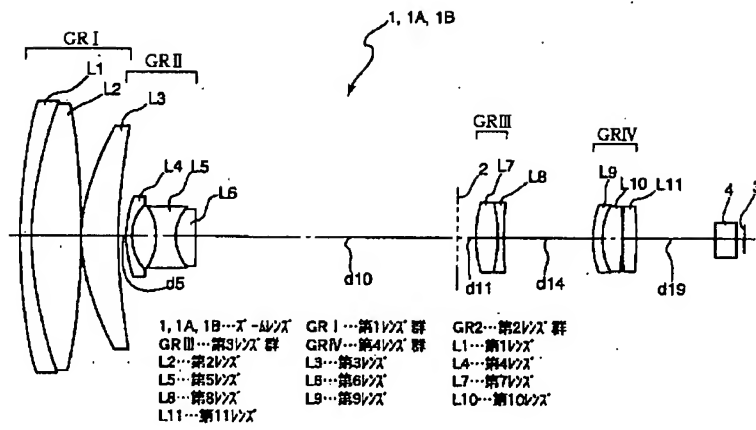
【図12】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図13】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

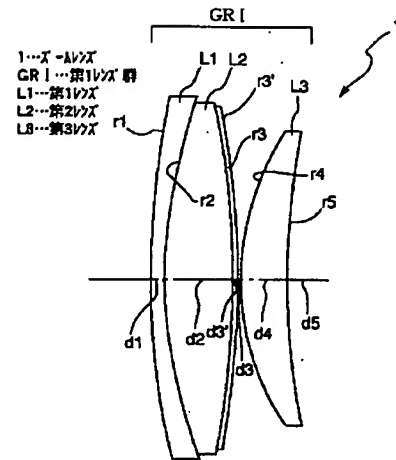
【符号の説明】

1…ズームレンズ、1A…ズームレンズ、1B…ズームレンズ、GRI…第1レンズ群、GRII…第2レンズ群、GRIII…第3レンズ群、GRIV第4レンズ群、L1…第1レンズ、L2…第2レンズ、L3…第3レンズ、L4…第4レンズ、L5…第5レンズ、L6…第6レンズ、L7…第7レンズ、L8…第8レンズ、L9…第9レンズ、L10…第10レンズ、L11…第11レンズ

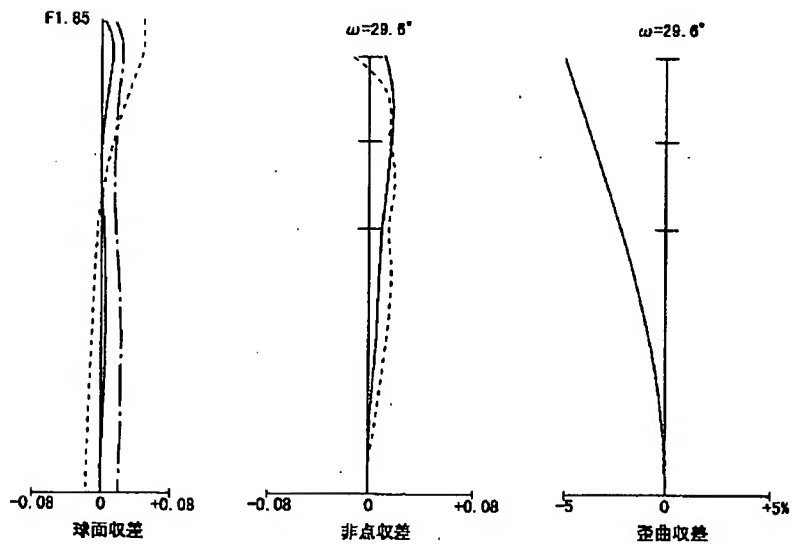
【図1】



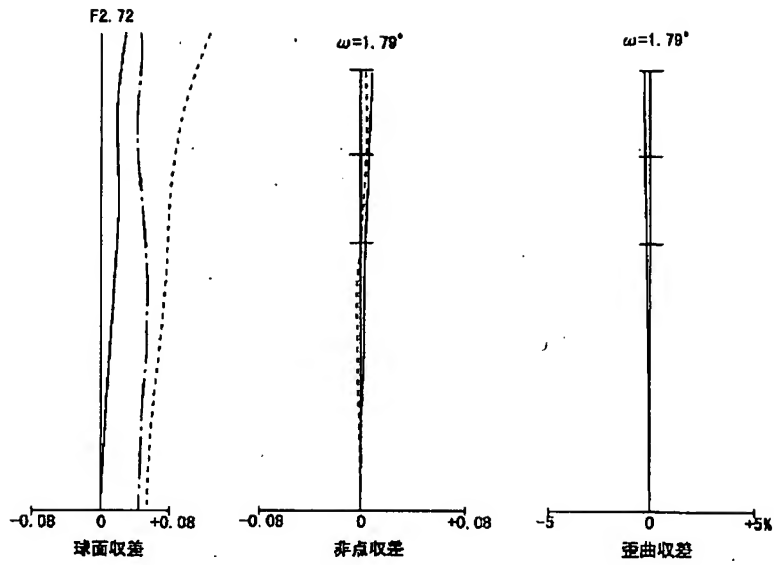
【図2】



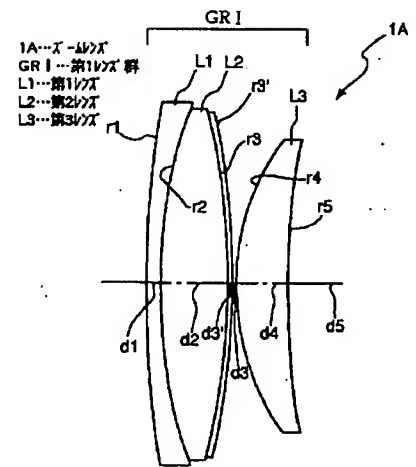
【図3】



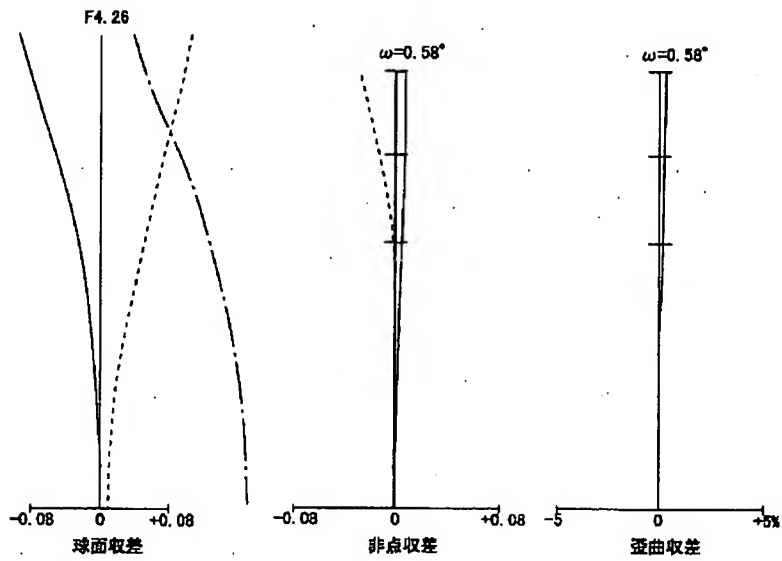
【図4】



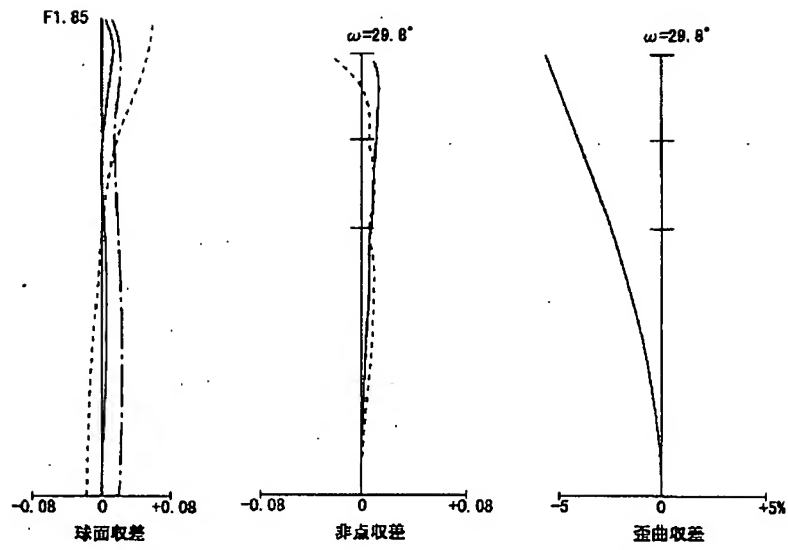
【図6】



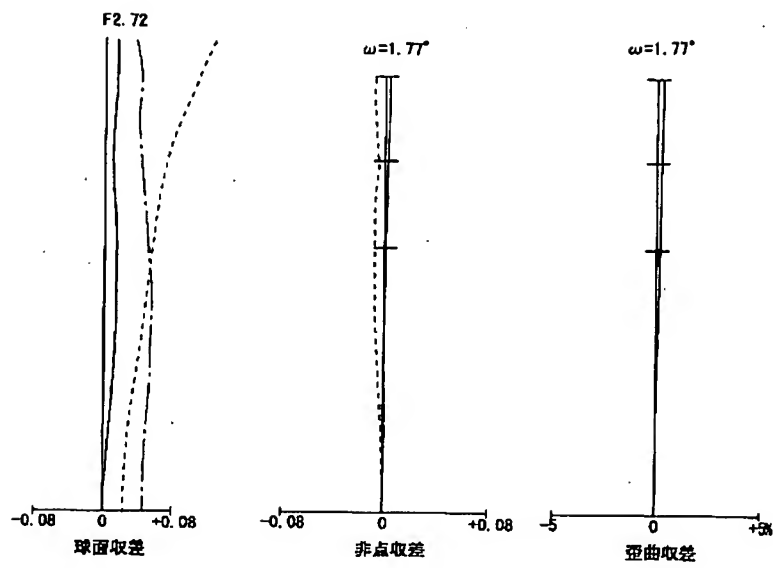
【図5】



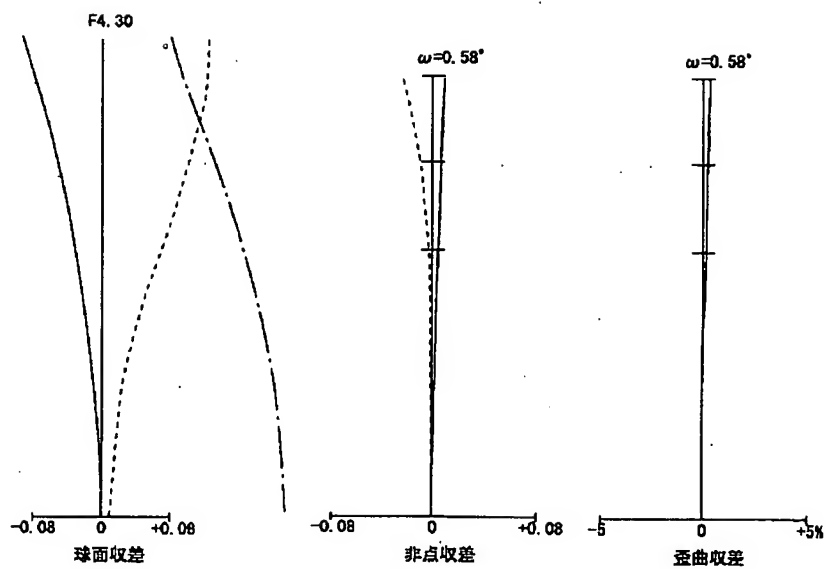
【図7】



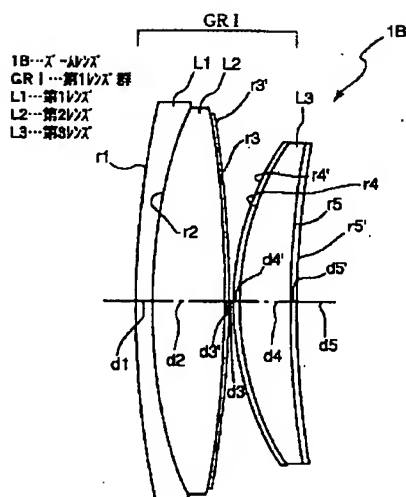
【図8】



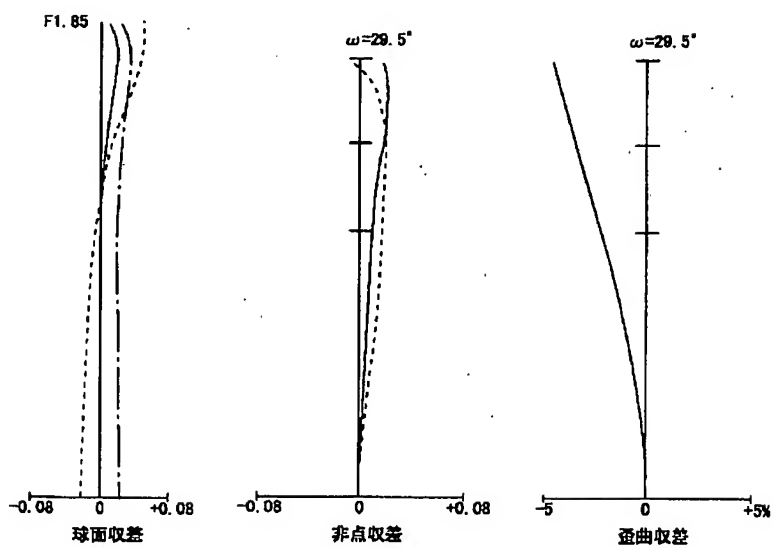
【図9】



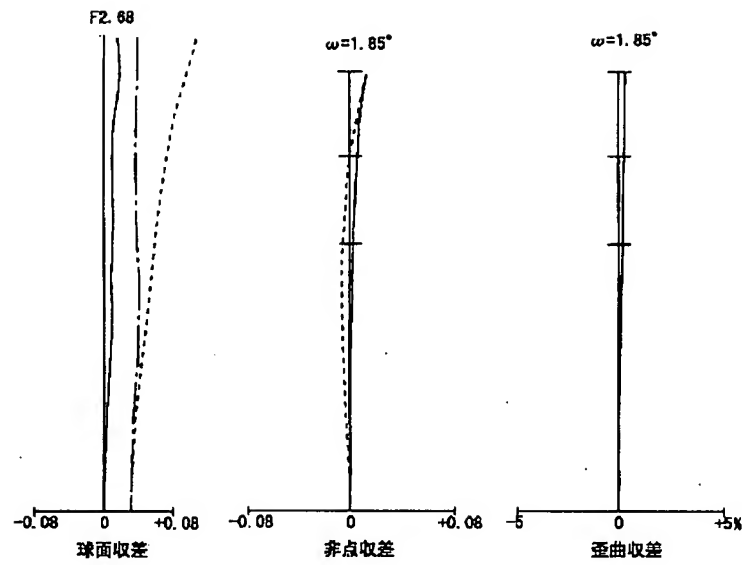
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

